



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño e implementación de una propuesta para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de Torque y Equilibrio Rotacional mediante actividades experimentales: estudio de caso en el grado 7° del instituto Jorge Robledo del Municipio de Medellín

Fredy Alberto Plata Bustamante

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2014

Diseño e implementación de una propuesta para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de Torque y Equilibrio Rotacional mediante actividades experimentales: estudio de caso en el grado 7° del instituto Jorge Robledo del Municipio de Medellín

Fredy Alberto Plata Bustamante

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

M.Sc. Diego Luis Aristizábal Ramírez

Línea de Investigación:

Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2014

A mi Madre Cecilia Inés Bustamante Martínez por ser mi ejemplo de vida. A mi padre, mis hermanos y mi familia por ser fuente de inspiración y fortaleza.

La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Profesor Diego Luis Aristizábal Ramírez que tendió su mano en mis momentos de dificultad y me invitó a no desfallecer. Gracias por sus consejos y su apoyo en la realización de este trabajo.

Al Instituto Jorge Robledo, especialmente al Rector Doctor Federico García Posada, por su apoyo y credibilidad en este proyecto. A mis compañeros de trabajo y amigos por su paciencia y apoyo.

A mis compañeros Gúnter Ávila y Angélica María Molina González por su apoyo incondicional en mis momentos más difíciles.

A mis estudiantes por ser parte de mi proyecto de vida.

Resumen

La presente propuesta tiene como objetivos la elaboración de material didáctico, la construcción de equipos, y la implementación de 3 Módulos con actividades experimentales para abordar conceptos de la Física Mecánica, en la temática de Estática, haciendo énfasis particular en el Torque y el Equilibrio Rotacional. De igual manera se presentarán los alcances y resultados obtenidos con las actividades experimentales, tomando como enfoque pedagógico el Aprendizaje Significativo, teoría con la que se pretende facilitar el aprendizaje y el afianzamiento de estos conceptos. La propuesta se implementa con estudiantes del grado 7° del Instituto Jorge Robledo de la ciudad de Medellín, dentro de la asignatura Laboratorio de Ciencias. El uso del material didáctico y los equipos, orientado desde las actividades propuestas en los módulos, pretende la adquisición y afianzamiento de conceptos como masa, centro de masa, Torque y equilibrio, fundamentales para abordar distintas temáticas de la Física.

Las estrategias didácticas incluidas en la propuesta buscan promover el trabajo colaborativo y mejorar la motivación de los estudiantes, de manera que tengan una actitud positiva hacia el aprendizaje. El análisis del contraste entre lo que los estudiantes sabían previamente y los conocimientos nuevos adquiridos con la aplicación de la propuesta, permite determinar si se lograron avances significativos en su aprendizaje.

Palabras clave:

Torque, Equilibrio Rotacional, actividades experimentales, material didáctico, trabajo colaborativo, Aprendizaje Significativo.

Abstract

This proposal aims at the development of training materials, design and construction of equipment, and the implementation of three modules of experimental activities to deal with concepts of mechanics, with a particular emphasis on Torque and rotational equilibrium. Similarly, the scopes and results obtained in the experimental activities will be presented, based on the meaningful learning pedagogical theory which aims to facilitate learning and reinforcement of these concepts. The proposal will be implemented in the Science Laboratory Course to 7th grade students at Jorge Robledo School in Medellin. The use of materials and equipment based on the activities proposed in the modules, will lead students to acquire and consolidate concepts such as mass, center of mass, Torque and balance, which are fundamental to cope with various issues of physics. The teaching strategies included in the proposal aim to promote collaborative work and improve the motivation of students, so that they have a positive attitude towards learning. The analysis of the contrast between the students' prior knowledge and the new knowledge gained after the implementation of the proposal, will show whether or not significant progress was made in their learning.

Keywords: Torque , rotational equilibrium , experimental activities , teaching materials, collaborative work, meaningful learning.

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	VII
Resumen	IX
Listas de figuras e imágenes.....	XIII
Lista de tablas	XV
Introducción	1
1. Descripción del problema y objetivos	3
1.1 El problema	3
1.2 La pregunta	4
1.3 El contexto.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
2. Marco teórico.....	7
2.1 Referente pedagógico.....	7
2.1.1 La teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel	7
2.2 Referente disciplinar	9
2.2.1 Aristóteles y la palanca	9
2.2.2 La ley de la palanca de Arquímedes	10
2.2.3 El centro de masa	11
2.2.4 Momento de fuerza: un concepto que tardó bastante en llegar	12
2.2.5 Equilibrio Rotacional	12
2.3 Referente legal	13
2.3.1 Constitución Política de Colombia	13
2.3.2 Ley General de Educación	14
2.3.3 Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para todos”	14
2.3.4 Plan de Desarrollo “Antioquia la más educada”.....	15
2.3.5 Programa de Gobierno Alcaldía de Medellín “Un hogar para la vida” ..	15
2.3.6 Lineamientos Curriculares para las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental	15
2.3.7 Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales.....	16
2.3.8 El Decreto 1290	17
2.3.9 Resolución 2343 de 1996.....	18
2.4 Antecedentes.....	18

3. Metodología.....	21
3.1 Motivación	21
3.2 Población	22
3.3 Pre-test y post-test	23
3.4 La evaluación de los resultados: el factor de Hake	24
3.5 Diseño y construcción del material didáctico y equipos para la intervención ..	25
3.6 Descripción de los módulos.....	34
3.6.1 Módulo 1. Centro de Masa.....	35
3.6.2 Módulo 2. Torque o momento de fuerza	36
3.6.3 Módulo 3. Equilibrio Rotacional.....	37
3.7 Entrevistas	38
4. Aplicación de la propuesta y análisis de resultados.....	39
4.1 Aplicación de la propuesta	39
4.1.1 Aplicación del Pre-test	39
4.1.2 Experiencias en la aplicación de los módulos	40
4.2 Análisis de la ganancia en el aprendizaje	52
4.2.1 Sistema Institucional de Evaluación Escolar SIEE	52
4.2.2 Índice de ganancia del aprendizaje por el factor de Hake	56
4.2.3 Conclusiones de los resultados obtenidos:	57
4.2.4 Análisis de casos	58
4.3 Entrevistas	61
5. Conclusiones y recomendaciones	65
5.1 Conclusiones.....	65
5.2 Recomendaciones.....	66
A. Anexo: Pre-test y Post-test	69
B. Anexo: Módulo 1: el centro de masa	73
C. Anexo: Módulo 2: el Torque o momento de fuerza.....	79
D. ANEXO: Módulo 3: Equilibrio Rotacional.....	86
6. Bibliografía.....	95

Listas de figuras e imágenes

	Pág.
Figura 1. Los círculos de Arquímedes	10
Figura 2. Convención de signos para el Torque	12
Figura 3. Aplicación de la fuerza para equilibrar el Torque	13
Figura 4. Porcentaje de aprobación en el pre-test y el post-test	53
Figura 5. Número de respuestas correctas en el pre-test y el post-test.	54
Figura 6. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Conceptos Físicos Básicos.	54
Figura 7. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Torque.	55
Figura 8. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Equilibrio Rotacional.	55
Imagen 1. Construcción de las varita #2.....	26
Imagen 2. Varitas #1 y #2 para la actividad de determinación del centro de masa.	26
Imagen 3. Figuras planas regulares e irregulares.....	27
Imagen 4. Figura rectangular con densidad no uniforme	27
Imagen 5- Plomada	28
Imagen 6. Plataforma para suspender las figuras planas	28
Imagen 7- Montaje para la determinación del centro de masa de figuras planas.....	29
Imagen 8. Caña de pescar.	29
Imagen 9. Peces de diferentes tamaños y pesos.	30
Imagen 10. Cáncamo abierto métrico.....	30
Imagen 11. Diseño preliminar del balancín grande.....	31
Imagen 12. Balancín grande.....	31
Imagen 13. Agarradera.....	32
Imagen 14. Balancín.....	32
Imagen 15. Masas de 10, g, 20 g y 50 g.....	33
Imagen 16. Kit de masas para el balancín.....	33
Imagen 17. Perforaciones en la regla del balancín.	33
Imagen 18. Regla cebra para Equilibrio Rotacional	34
Imagen 19. Estudiante en la actividad con la caña de pescar.....	36
Imagen 20. Estudiantes del grupo 7 ^o B presentando el pre-test.	39
Imagen 21. Presentación del video Centro de gravedad (Organizador previo)	41
Imagen 22. Determinación del centro de masa de las varitas de madera.	41
Imagen 23. Equilibrando las varitas de madera.	42

Imagen 24. Determinación del centro de masa de figuras planas.	43
Imagen 25. Equilibrando de las figuras planas.	43
Imagen 26. Actividad ¿Fue una buena pesca?	44
Imagen 27. Percibiendo la acción del Torque.	45
Imagen 28. Estudiantes ejerciendo una fuerza para equilibrar el Torque en el balancín grande.	45
Imagen 29. Uso del dinamómetro en el balancín grande.	46
Imagen 30. Estudiantes midiendo la fuerza para equilibrar el Torque.	46
Imagen 31. Equilibrio en la regla cebra.	47
Imagen 32. Actividad “El aire pesa”	48
Imagen 33. Desequilibrio en el balancín.....	48
Imagen 34. Equilibrando pesos en el balancín.	49
Imagen 35. Tabla de datos para la actividad en el balancín.	50
Imagen 36. Estudiantes utilizando el Applet Balancing-Act (Universidad de Colorado) ...	51
Imagen 37. Mapa conceptual sobre el Torque y el Equilibrio Rotacional.....	64

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Categorías de la evaluación (pre-test y post-test).....	24
Tabla 2. Cantidad de estudiantes por número de respuestas correctas.	53
Tabla 3. Resumen de los índices de ganancia	56
Tabla 4. Índices de ganancia en el aprendizaje por categorías.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Número de respuestas correctas estudiante #1	58
Tabla 6. Número de respuestas correctas estudiante #2.....	59
Tabla 7. Número de respuestas correctas estudiante #3.....	60

Introducción

En la secundaria una gran mayoría de estudiantes consideran la Física como una asignatura difícil, y es común observar una disposición negativa hacia su aprendizaje. Las teorías de la enseñanza se enfrentan a un gran problema al finalizar el curso de Física: los estudiantes no logran una comprensión apropiada de sus principios y conceptos fundamentales, y es frecuente que sólo recurran a la utilización de fórmulas para intentar resolver problemas. Esta problemática enfrenta al maestro al reto de evaluar y repensar sus prácticas, de manera que pueda proponer nuevas estrategias de enseñanza en las que los estudiantes sean partícipes de su propio aprendizaje y que encuentren en la Física una ciencia atractiva y divertida, ciencia presente no solo en los fenómenos naturales sino en sus vidas cotidianas. En esta nueva visión de la Física el estudiante podrá reconocer más fácilmente su realidad desde su cotidianidad.

Esta propuesta tiene como finalidad la construcción de material didáctico y la elaboración de una serie de módulos con actividades experimentales para la enseñanza de un concepto fundamental de la Física: el equilibrio, particularmente el relacionado con el Equilibrio Rotacional en el que subyace el concepto Torque o momento de fuerza. A partir del diseño de actividades experimentales sencillas, con fundamento teórico en el Aprendizaje Significativo y con fundamento disciplinar en conceptos básicos de la Física como la masa, el centro de masa, la fuerza y el peso, se pretende que los estudiantes a partir de sus conocimientos previos y la nueva información presentada descubran, analicen y comprendan los efectos de la aplicación de una fuerza a determinada distancia de un punto por donde pasa el eje rotación.

El trabajo se ajusta al modelo de análisis de experiencias, el cual parte con un diagnóstico del estado inicial de los estudiantes que servirá de referente para el diseño de los módulos de trabajo que incluirán organizadores previos que ayudarán a vincular los conocimientos nuevos con lo que ya saben los estudiantes. Los módulos contendrán actividades experimentales divertidas y motivadoras que pretenden despertar el interés y la curiosidad, condiciones que favorecen el proceso de aprendizaje. De esta manera los aprendices encontrarán en la Física una ciencia atractiva que abrirá sus mentes a nuevas posibilidades.

Al final de la propuesta se evaluará el impacto y la pertinencia de las actividades propuestas para el aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional; conceptos que se configurarán como los conocimientos previos indispensables para abordar temáticas de mayor grado de dificultad en los grados superiores de la educación media en la asignatura Física.

1. Descripción del problema y objetivos

1.1 El problema

Desde la perspectiva de las nuevas teorías del aprendizaje, los conceptos son fundamentales en el desarrollo cognitivo. A partir de los conceptos se puede lograr un Aprendizaje Significativo cuando la nueva información y los nuevos conceptos interactúan con la estructura cognitiva existente en el aprendiz. Los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional cumplen un papel fundamental en la solución de problemas de la Física Mecánica que involucran sistemas rotacionales tales como palancas, engranajes, poleas y motores, etc., que son estudiados con un mayor grado de complejidad en grados superiores del bachillerato.

En el Instituto Jorge Robledo ha sido tradición la enseñanza de la Física en los grados 10° y 11°, situación que dificulta el completo desarrollo de las temáticas propuestas en los currículos oficiales debido a la gran extensión de la asignatura. El profesor en estos grados se ve obligado a comenzar la enseñanza de conceptos que debían ser trabajados desde los primeros cursos de Ciencias Naturales en la primaria, tal como se propone en los lineamientos curriculares. Se suma a esta problemática la premura en la presentación de las pruebas Saber 11, momento en el cual parte de la asignatura aún no ha sido presentada a los estudiantes. El afán de cubrir los componentes de Física para la evaluación de Ciencias tiene como consecuencia la presentación de algunos temas sin alto nivel de profundidad.

Por otra parte, para la mayoría de los estudiantes la enseñanza basada en la exposición de contenidos resulta poco motivadora y se convierte en un modo ineficiente de instrucción. Un enfoque puramente teórico en la enseñanza de las ciencias, dejando de lado la actividad experimental, conlleva al truncamiento en la formación de verdaderos científicos. La indagación y la experimentación son herramientas fundamentales para cualquier disciplina científica, y se convierten en competencias específicas que permiten relacionar diferentes Ciencias Naturales y comprender sus aportes para mejorar la calidad de vida de los individuos. La actividad experimental en ambientes lúdicos es motivadora para los aprendices, y despiertan su interés y su curiosidad.

Sin embargo, los profesores de Ciencias Naturales presentan dificultades para incorporar la experimentación y los trabajos prácticos en el aula, ya sea por falta de recursos o material didáctico, o porque carecen de los conocimientos suficientes para el manejo de equipos o el diseño de actividades experimentales que permitan al estudiante entrar en contacto con los fenómenos. Sin duda alguna las Ciencias ofrecen una amplia gama de posibilidades en este sentido. La importancia de la experimentación radica en que puede crear vínculos entre sus ideas o concepciones del mundo y su realidad.

1.2 La pregunta

Desde la problemática expuesta se plantean entonces las preguntas:

¿Cómo diseñar materiales didácticos y equipos que permitan realizar actividades experimentales para la enseñanza de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional para los estudiantes del grado 7° del Instituto Jorge Robledo?

¿Cuáles actividades experimentales propician el Aprendizaje Significativo de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional, utilizando los equipos y materiales didácticos contruidos para la propuesta?

1.3 El contexto

Las nuevas tendencias educativas proponen que el estudiante mismo sea el encargado de la construcción de su propio conocimiento, e igualmente promueven la formación en investigación con el fin de incentivar la curiosidad, el pensamiento crítico, la formulación de hipótesis, la recopilación de información y la realización de actividades experimentales para la comprobación de sus supuestos.

Es claro que la experimentación no es el único medio para enseñar a pensar científicamente, pero existe una evidente necesidad de incorporarla en los procesos de enseñanza dentro del aula. En la enseñanza de la Física, y de las Ciencias Naturales en general, el componente experimental ocupa un lugar muy importante ya que pone en contacto al estudiante directamente con los fenómenos, y le permite realizar hipótesis y predicciones, manipular intencionalmente variables para analizar sus efectos, y comprobar el grado de validez de una teoría o una ley.

Ya que la actividad experimental en el área de Ciencias Naturales no es suficiente, especialmente de la asignatura Ciencias Naturales del grado 7° del Instituto Jorge Robledo, y con el ánimo de llevar a cabo prácticas de laboratorio que conduzcan a los estudiantes a realizar procesos de observación, recopilación información, análisis e interpretación, se propone el diseño de equipos y material didáctico para la enseñanza de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional. El Aprendizaje Significativo de los conceptos se fundamenta en las actividades experimentales en las que los estudiantes podrán entrar en contacto con los fenómenos, manipular variables, discutir y evaluar sus resultados.

La incorporación de la asignatura Laboratorio de Ciencias Naturales en el plan de estudios del grado 7° permite semanalmente la realización de actividades experimentales y de laboratorio, y ofrece la oportunidad para la implementación de esta propuesta de enseñanza, con beneficio posterior en los grados superiores cuando se aborde la unidad Estática en la que se presentan los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional con un mayor grado de profundidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una propuesta metodológica a partir de actividades experimentales para la enseñanza y aprendizaje significativo de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional para los estudiantes del grado 7º del Instituto Jorge Robledo de la ciudad de Medellín.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un instrumento para diagnosticar el estado inicial (pre-instrucción) de los estudiantes antes de la intervención.
- Diseñar material didáctico potencialmente significativo que permita a los estudiantes la apropiación de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional.
- Elaborar los módulos con las actividades experimentales que propiciarán el aprendizaje de los conceptos Equilibrio Rotacional y Torque.
- Establecer el estado final (post-instrucción) de los estudiantes para evaluar el aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional.
- Evaluar el impacto del material didáctico, equipos y módulos en la motivación de los estudiantes para el aprendizaje y la realización de las actividades.
- Estimar los índices de ganancia de aprendizaje al final de la implementación de la propuesta.

2. Marco teórico

2.1 Referente pedagógico

2.1.1 La teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel

David Ausubel (1918-2008), propone la teoría sobre el Aprendizaje Significativo, constituyendo uno de los aportes más relevantes dentro de la teoría psicopedagógica. Para Ausubel y otros teóricos cognoscitivistas, el aprendizaje implica una reestructuración activa de las ideas y conceptos que los aprendices tienen en su estructura cognitiva. En el Aprendizaje Significativo es un proceso en el cual la nueva información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva, con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo; la nueva información interactúa la estructura de conocimiento específica existente en la estructura cognitiva del aprendiz.

Para Novak (2004) *“el cerebro no es como un recipiente que se llena de información”*. La concepción del aprendiz como un procesador activo sugiere que el aprendizaje es organizado y sistemático configurando un fenómeno complejo que no da pie a simples asociaciones memorísticas (Ausubel, 1978).

El Aprendizaje Significativo es entendido como un proceso de construcción individual y personal en el cual los nuevos conocimientos son relacionados con las ideas previas del estudiante, de manera que se produzca un proceso de contraste, conflicto y modificación. Según Ausubel (1978): *“el mismo proceso de adquirir información produce una modificación tanto en la información adquirida como en el aspecto específico de la estructura cognoscitiva con la cual aquella está vinculada”*.

Pozo (1989) considera el Aprendizaje Significativo como una teoría cognitiva de reestructuración, y que se construye desde un enfoque organicista del individuo centrado en el aprendizaje que ocurre en el contexto escolar.

El Aprendizaje Significativo se presenta cuando se relaciona intencionalmente el material de estudio potencialmente significativo, con las ideas establecidas en la estructura cognitiva del aprendiz. Es el resultado de la interacción entre los conocimientos previos de quien aprende y la nueva información que se va aprender.

Para Ausubel en el "aprendizaje mecánico o memorístico", que va en contraposición al Aprendizaje Significativo, la nueva información se vinculan a los conceptos relevantes de la estructura cognitiva, lo que da lugar al almacenamiento arbitrario, literal, que no interactúa sensiblemente con los conceptos existente dando como resultado que esta nueva información no tenga significado para el aprendiz. La memorización de datos es la característica principal de este tipo de aprendizaje.

Ausubel distingue tres tipos de aprendizaje según el contenido:

- Aprendizaje de representaciones: se atribuyen significados a símbolos que pueden ser verbales o escritos; es la forma más elemental del aprendizaje.

- **Aprendizaje de conceptos:** Ausubel define los conceptos como "*objetos, acontecimientos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterio comunes y que están diseñados en cualquier cultura dada mediante algún símbolo o signo aceptado*". (Ausubel, 1978). En este tipo de aprendizaje el sujeto abstrae de la realidad objetiva aquellos atributos que son comunes a los objetos por lo que son pertenecientes a una clase particular.
- **Aprendizaje de proposiciones:** se trata de un aprendizaje no de símbolos o términos aislados, sino de ideas que son producto de una combinación lógica de los términos de una sentencia.

Igualmente, existen formas distintas en las que se puede dar el Aprendizaje Significativo:

- **Aprendizaje subordinado:** asimilación de conocimientos bajo otros más amplios, generales e inclusores, que ya existen en la estructura cognitiva del aprendiz.
- **Aprendizaje supraordinado:** cuando se aprende una idea más abstracta, más general o inclusora que incluye varias ideas que ya estaban en la estructura cognitiva del aprendiz.
- **Aprendizaje combinatorio:** las nuevas ideas se consideran en relación con otras ideas preexistentes, pero éstas no son ni más inclusivas ni más específicas que estas. En este sentido las nuevas ideas tienen algunos atributos de criterio comunes a las ideas pre-existentes.

Ausubel propone los organizadores previos para manipular deliberadamente la estructura cognitiva con el fin de facilitar el aprendizaje, que pueden implementarse en sus principios programáticos: la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora.

Organizadores previos son materiales introductorios presentados antes del material de aprendizaje en sí. A diferencia de los sumarios que, de un modo general, son presentados al mismo nivel de abstracción, generalidad y amplitud, simplemente destacando ciertos aspectos del asunto, los organizadores son presentados a un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad. (Moreira, 2008).

Adicionalmente, Ausubel propone dos principios programáticos:

- **La diferenciación progresiva:** es un proceso integrante de la dinámica de la estructura cognitiva, que corresponde a procesos de retención y organización del conocimiento en una estructura jerárquica, "de arriba a abajo", de conceptos y proposiciones. Es un principio programático para el contenido en el que las ideas más generales e inclusivas del contenido se presentan antes de las instrucciones, para más adelante y de manera progresiva, diferenciarlas por características más específicas.
- **La reconciliación integradora:** es una parte del proceso de aprendizaje en el que se delinean las diferencias y similitudes entre ideas que están relacionadas; en este proceso se exploran las relaciones entre conceptos y proposiciones, llamando la atención acerca de diferencias y similitudes relevantes y reconciliar inconsistencias reales o aparentes.

“Una vez que está resuelto el problema sustantivo (identificación de los conceptos organizadores básicos de una determinada disciplina), se puede dirigir la atención a los problemas organizacionales programáticos envueltos en la presentación y organización secuencial de las unidades componentes. Aquí son aplicables (hipotéticamente) varios principios relativos a la programación eficiente del contenido, independientemente del área del conocimiento. Estos principios naturalmente incluyen y reflejan la influencia de variables de la estructura cognitiva, ya antes citadas. Estas variables incluyen la disponibilidad de una idea ancla relevante, su estabilidad y claridad, y su discriminabilidad de la materia de enseñanza.” (Ausubel, 1978).

2.2 Referente disciplinar

El entendimiento del mundo, la naturaleza y las leyes que la gobiernan dio inicio con la ciencia llamada Física (*physis*, palabra que para los griegos significaba naturaleza¹). Con los griegos se inician los primeros conceptos de la Física cuando intentaron dar una explicación a los fenómenos naturales de una manera cualitativa acudiendo a la esencia, causa o naturaleza de las cosas.

2.2.1 Aristóteles y la palanca

Es Aristóteles (siglo IV a.C.) quien propone que el estado natural de los cuerpos es el reposo, a excepción del mundo celeste en el que los objetos tenían movimiento circular y uniforme. Para el mundo sublunar o inferior el movimiento vertical venía determinado por la tendencia de los cuerpos a volver al lugar natural de donde proceden cuando se encontraban fuera de él. Los movimientos no verticales o verticales (en caso que un objeto se aleje de su lugar natural) eran considerados como movimientos violentos de una acción exterior violenta; sin está los objetos permanecerían en reposo.

Aristóteles planteaba qué solo hay movimiento cuando actúa una fuerza: “todo lo que se mueve es movido por algo”. Así, propone que la causa para el movimiento natural es el peso y para los movimientos violentos las fuerzas. Propone además que el motor o fuerza motriz del movimiento se prolonga tanto como el movimiento mismo (*cessante causa, cessat effectus*).

Una de las primeras ideas sobre las palancas se encuentra en el tratado sobre mecánica llamado *Problemas de Mecánica* elaborado por Aristóteles, quien consideró a la carga y la fuerza aplicada como pesos, por consiguiente magnitudes comparables, estableciendo de esta manera la ley de las palancas: “*la relación entre el peso movido y el peso que mueve es inversamente proporcional a la relación de las longitudes de los brazos de la palanca entre sí. De esta manera se concluye que una fuerza moverá algo tanto más fácil*

¹ Tomado de:

<http://www.webdianoia.com/glosario/display.php?action=view&id=364&from=action=search%7Cby=P>

*cuánto más lejos esté del fulcro de la palanca*². Mientras más se asemeje el movimiento circular al movimiento rectilíneo menor será la fuerza necesaria para mantenerlo. Cuando mayor sea el brazo de la palanca será más fácil moverlo cuando repose sobre él, ya que la circunferencia descrita será mucho mayor a la que describiría un brazo de palanca corto. (Sepúlveda, 2012). El argumento sobre los movimientos circulares que se asemejan a movimientos rectilíneos difiere completamente a los propuestos más adelante por Arquímedes para explicar el equilibrio por simetría de sistemas en el estudio de la palanca. Algunos dispositivos como el remo, el cascanueces, las tenazas del dentista, el timón, etc., fueron explicados desde la ley de las palancas de Aristóteles.

2.2.2 La ley de la palanca de Arquímedes

Arquímedes de Siracusa (287-211 a.C.) escribió su tratado *Sobre el equilibrio de los planos* en algún momento del siglo III a.C. Allí, en las proposiciones sexta y séptima, expone una demostración sobre la ley de la palanca haciendo uso de argumentos matemáticos que incluyen distinciones entre cantidades conmensurables e inconmensurables (RENN, J.). Arquímedes se olvida de las consideraciones dinámicas (las fuerzas o causa) y se centra en los casos de equilibrio estático. El brazo de la palanca es considerado como una línea inmaterial y los pesos se aplican a puntos geométricos (LINDBERG, 2002).

Arquímedes parte de la pregunta: *¿por qué pequeñas fuerzas pueden levantar grandes pesos en una palanca?*, y desarrolla su Física a través los círculos de Arquímedes.

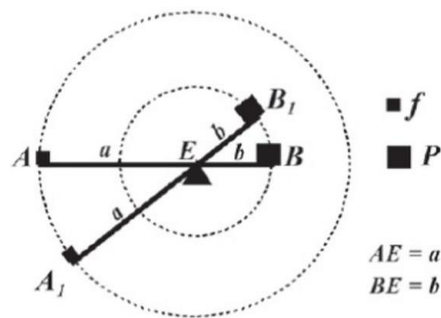


Figura 1. Los círculos de Arquímedes

Tomado de <http://naukas.com/2014/01/28/el-problema-de-la-palanca-lo-largo-de-la-historia/>

Arquímedes propone en su tratado los postulados sobre la palanca:

Postulado 1: pesos iguales a distancias iguales están en equilibrio y pesos iguales a distancias desiguales no están en equilibrio sino que se inclina (la palanca) hacia el peso

² (Helmuth Schneider, Einführung in die antike Technikgeschichte [Introducción en la historia de la técnica en la antigüedad], Darmstadt 1992). © 2014 by KNIPEX-Werk, C. Gustav Putsch KG. En: http://www.knipex.com/es/empresa/museum/antiguedades/?type=98&tx_ttnews%5Btt_news%5D=&cHash=

que está a mayor distancia. Se sobreentiende que las distancias se miden desde el fulcro o punto de apoyo de la palanca.

Postulado 2: si, cuando los pesos ubicados a ciertas distancias están en equilibrio, se agrega algo a uno de los pesos ya no estarán en equilibrio, sino que desciende el lado donde se ha agregado peso.

Postulado 3: análogamente, si algo se quita de uno de los pesos, ya no permanecerán en equilibrio y desciende el peso del que no se ha quitado nada.

Postulado 4: cuando figuras semejantes son iguales y se superponen una con la otra, sus centros de gravedad coinciden.

Postulado 5: en figuras semejantes que son desiguales, los centros de gravedad estarán similarmente situados. Por puntos análogos ubicados con relación a figuras semejantes, quiero decir puntos tales que si se trazan líneas rectas desde ellos con ángulos iguales, dichas líneas forman ángulos iguales con los correspondientes lados de las figuras.

Postulado 6: si magnitudes a ciertas distancias están en equilibrio, otras magnitudes iguales a ellas también estarán en equilibrio a las mismas distancias.

Postulado 7: en cualquier figura cuyo perímetro es cóncavo en una y la misma dirección, el centro de gravedad debe estar dentro de la figura.

2.2.3 El centro de masa

Los cuerpos pueden ser considerados como la suma de partículas unidas entre sí por fuerzas que varían en intensidad desde las poderosas fuerzas eléctricas, cómo es el caso de los átomos del hierro, hasta las fuerzas gravitatorias que mantienen en órbita los planetas a una estrella. En todo caso es un conjunto de fuerzas el que hace que muchas partículas constituyan un todo. Así mismo, cuando un sistema es tal que las fuerzas se anulen se presenta una situación de equilibrio. *“Un sistema de partículas puede representarse como una partícula individual equivalente”* (Wilson, 2007. pp. 199).

Cualquier objeto rígido es entonces, en esencia, un conjunto de partículas que pueden representarse como una única partícula para facilitar su análisis cinemático o dinámico. Se puede partir de esta representación para tener un acercamiento al concepto centro de masa:

“El centro de masa es el punto en que puede considerarse está concentrada toda la masa de un objeto o sistema, únicamente en lo que se refiere a movimiento lineal o traslación” (Wilson, 2007. pp. 199)

2.2.4 Momento de fuerza: un concepto que tardó bastante en llegar

Aunque la idea inicial de momento de fuerza es presentada por Arquímedes en su tratado *sobre el equilibrio de los planos*, Truesdell (1975) afirma que fue J. Bernoulli, contemporáneo de Isaac Newton, quien planteó el Torque como el cambio en el momentum angular en el tiempo y estableció que para la estática es necesario el equilibrio no sólo de las fuerzas sino también de los momentos de fuerza.

Al igual que en el movimiento traslacional en el que se necesita una fuerza para que produzca cambios en la velocidad, en el movimiento rotacional se necesita un torque (o momento de fuerza) para que produzca cambios en la velocidad angular: la razón de este cambio dependerá no sólo de la magnitud de la fuerza que se aplica sino también de la distancia perpendicular entre la línea de acción el eje de rotación. Esta distancia es conocida como brazo de palanca o brazo de momento.

“El producto de la fuerza F y el brazo de palanca b se llama momento de fuerza y su magnitud es: $\tau = F b$ ” (Wilson, 2007. pp. 259)

2.2.5 Equilibrio Rotacional

La ausencia de cambios en el movimiento es una característica de los cuerpos en equilibrio. Un caso particular de equilibrio lo constituye el reposo, pero el equilibrio no solo se manifiesta únicamente en la ausencia del movimiento. Así, un cuerpo que se mueve a velocidad constante en línea recta o que gira uniformemente alrededor de un punto de giro se encuentra también en equilibrio.

El Equilibrio Rotacional es aquel tipo de equilibrio que ocurre cuando la sumatoria de los Torques que actúan sobre un cuerpo es nula, es decir, no hay un momento de torsión (Torque) que actúe sobre él.

$$\sum \bar{\tau} = 0$$

Por convención, un torque se considerará de signo positivo (+) si el sistema gira o tiende a girar en contra de las manecillas del reloj; y tiene signo negativo (-) cuando gira o tiende a girar en el mismo sentido de las manecillas del reloj.

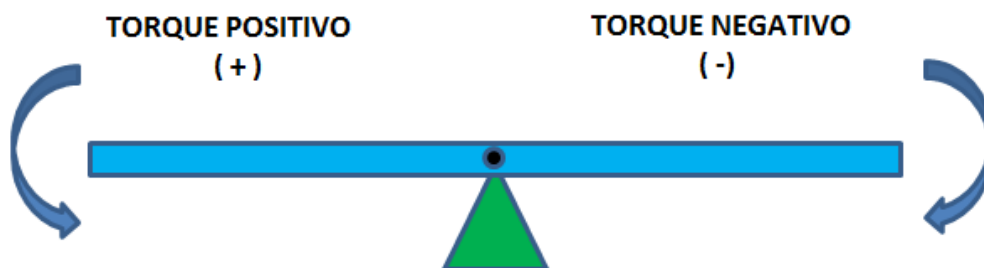


Figura 2. Convención de signos para el Torque

De la misma manera que se puede evitar el desplazamiento de un cuerpo aplicando una fuerza contraria a la que lo hace mover, una rotación puede evitarse aplicando un torque contrario al que lo hace girar.

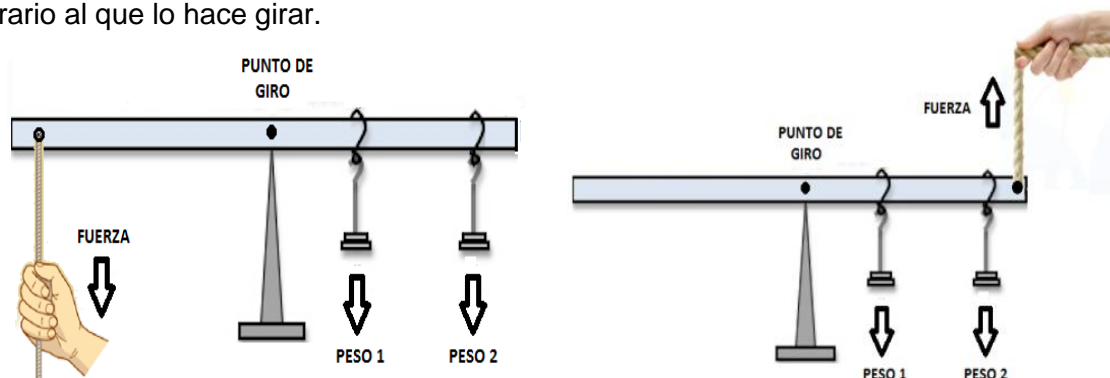


Figura 3. Aplicación de la fuerza para equilibrar el Torque

2.3 Referente legal

2.3.1 Constitución Política de Colombia

Esta propuesta se enmarca dentro de las disposiciones expuestas en la Constitución Política de Colombia, la Ley General de Educación 115, los Lineamientos Curriculares para las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, el Plan de Desarrollo *Antioquia la más educada* y El Plan de Desarrollo Medellín: *un hogar para la vida*. Considera también lo dispuesto en el Decreto 1290 que reglamenta la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes de los niveles de educación básica y media, y en la Resolución 2343 de 1996 que establece los indicadores de logros curriculares.

La Constitución Política establece los principios sobre los derechos a la educación que tienen los individuos haciendo referencia a las libertades para la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la cátedra, dando a la educación un carácter de servicio público.

Según la Constitución Política de Colombia en su artículo 67 “*La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura.*”. Igualmente en su artículo 79 “es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”. Por consiguiente es deber del sistema educativo colombiano promover políticas educativas y desarrollar propuestas pedagógicas que promulguen y hagan cumplir la Constitución.

2.3.2 Ley General de Educación

Por su parte la ley 115 de 1994, Ley General de Educación regula el Servicio Público de educación señalando las normas generales para que la educación cumpla un fin social que van de acuerdo con los intereses y necesidades de las personas, la familia y la comunidad.

La Ley General de Educación en su artículo 5º plantea los fines de la educación en los numerales 5, 7, 9, 10 y 12, que se exponen a continuación:

- *“La adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados, humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber”.*
- *“El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes y valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones”.*
- *“El desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico nacional, orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de la vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas y al progreso social y económico del país”.*
- *“La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del ambiente de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación”.*
- *“La formación para la promoción y preservación de la salud y la higiene, la prevención integral de problemas socialmente relevantes, la educación Física, la recreación, el deporte y la utilización adecuada del tiempo libre”.*

2.3.3 Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para todos”

El programa de Desarrollo del Gobierno Nacional Prosperidad para Todos, es su Evaluación de competencias en el marco de la Educación de calidad para la prosperidad propone:

“Colombia tiene el gran reto de fortalecer su sistema educativo como pilar fundamental para el desarrollo, la competitividad y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. En el marco de la política educativa, el gobierno establece que una educación de calidad es aquella que forma mejores seres humanos, ciudadanos con valores éticos, respetuosos de lo público, que ejercen los derechos humanos, cumplen con sus deberes y conviven en paz. Una educación que genera oportunidades legítimas de progreso y prosperidad para ellos y para el país. Una educación competitiva,

pertinente, que contribuye a cerrar brechas de inequidad y en la que participa toda la sociedad.”

2.3.4 Plan de Desarrollo “Antioquia la más educada”

Esta propuesta se enmarca además en el Programa de Desarrollo de Antioquia “Antioquia la más educada” que propone a la educación como motor de transformación de Antioquia:

“Empezamos por definir que entramos al mundo de la política con la certeza de que el eje de la transformación de nuestra sociedad es la educación. Sin una educación de calidad para todos, las desigualdades sociales están destinadas a acrecentarse. En el departamento nuestra apuesta por la educación se verá reflejada en el diseño y ejecución de programas y proyectos que respondan a las necesidades particulares de cada subregión.... Aprendimos que la educación debe entenderse en un sentido amplio que trascienda los muros de los colegios.”

2.3.5 Programa de Gobierno Alcaldía de Medellín “Un hogar para la vida”

El programa de gobierno de la Alcaldía de Medellín Un hogar para la vida en su apartado para la educación en su componente 1: Medellín, educada para la vida y la equidad, propone:

“La educación es uno de los principales promotores del Desarrollo Humano Integral, por su función de formación de ciudadanos y ciudadanas para la vida, respeto y protección, por las oportunidades individuales y sociales que genera con el desarrollo de capacidades y habilidades que contribuyen a superar la exclusión, la inequidad, la desigualdad y la mejora en la calidad de vida de la sociedad”.

2.3.6 Lineamientos Curriculares para las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental

Con el ánimo de proponer puntos de referencia deseables en cuanto a la formación integral de los individuos y la revisión de las tendencias actuales de la enseñanza y el aprendizaje, los lineamientos curriculares establecen una serie de logros e indicadores de logros para los diferentes niveles de educación formal. Así mismo, son propuestos los referentes filosóficos y epistemológicos que resaltan el valor del mundo de la vida y analizan la naturaleza de la ciencia y la tecnología con todas sus implicaciones directas en la sociedad, el medio ambiente y en la calidad de vida de los individuos.

Dentro de los Lineamientos Curriculares para las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental, y que están relacionados con el tema propuesto en este trabajo, se sugieren los contenidos para el diseño del plan de estudios teniendo en cuenta el Proyecto Educativo Institucional, su currículo y su proyecto pedagógico. En el ítem de conocimiento científico básico se propone:

Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: *Las cosas que flotan en el agua y en el aire y las que no. Los globos inflados con hidrógeno o helio. El columpio, las ruedas y los balancines. Levantar y empujar objetos. El peso corporal y de otros objetos. (Lineamientos Curriculares para ciencias naturales y la educación ambiental).*

Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: *Relaciones cuantitativas entre masa, fuerza, aceleración, velocidad, tiempo y distancias recorridas (leyes de Newton), interpretadas desde el principio de la conservación de la energía y sus diversas formas de transformación*

Electricidad y magnetismo: *Los imanes. Los bombillos. Las planchas. Las estufas eléctricas. Los motores eléctricos. Los peligros de las corrientes eléctricas para la vida y la salud.*

2.3.7 Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales

Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales relacionados con el tema de esta propuesta de enseñanza establecen en su aproximación al conocimiento como científico natural:

- *Hacer conjeturas para responder mis preguntas.*
- *Diseñar y realizar experiencias para poner a prueba mis conjeturas.*
- *Identificar condiciones que influyen en los resultados de una experiencia.*
- *Realizar mediciones con instrumentos convencionales (regla, metro, termómetro, reloj, balanza) y no convencionales (vasos, tazas, cuartas, pies, pasos...).*
- *Registrar mis observaciones en forma organizada y rigurosa (sin alteraciones), utilizando dibujos, palabras y números.*

En el reconocimiento de los fenómenos en el entorno físico los Estándares básicos de competencias en ciencias naturales proponen:

- *Establecer relaciones entre magnitudes y unidades de medida apropiadas.*
- *Verificar las fuerzas a distancia generadas por imanes sobre diferentes objetos.*
- *Identificar tipos de movimiento en seres vivos y objetos, y las fuerzas que los producen.*
- *Relacionar el estado de reposo o movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste.*
- *Describir fuerzas y Torques en máquinas simples.*

2.3.8 El Decreto 1290

El Decreto 1290 sobre evaluación y promoción establece en su Artículo 3° los propósitos de la evaluación:

ARTÍCULO 3. Propósitos de la evaluación institucional de los estudiantes. Son propósitos de la evaluación de los estudiantes en el ámbito institucional:

- 1. Identificar las características personales, intereses, ritmos de desarrollo y estilos de aprendizaje del estudiante para valorar sus avances.*
- 2. Proporcionar información básica para consolidar o reorientar los procesos educativos relacionados con el desarrollo integral del estudiante.*
- 3. Suministrar información que permita implementar estrategias pedagógicas para apoyar a los estudiantes que presenten debilidades y desempeños superiores en su proceso formativo.*
- 4. Determinar la promoción de estudiantes.*
- 5. Aportar información para el ajuste e implementación del plan de mejoramiento institucional.*

En el Artículo 12 del Decreto 1290 se establecen los derechos de los estudiantes:

ARTÍCULO 12. Derechos del estudiante. El estudiante, para el mejor desarrollo de su proceso formativo, tiene derecho a:

- 1. Ser evaluado de manera integral en todos los aspectos académicos, personales y sociales*
- 2. Conocer el sistema institucional de evaluación de los estudiantes: criterios, procedimientos e instrumentos de evaluación y promoción desde el inicio de año escolar.*
- 3. Conocer los resultados de los procesos de evaluación y recibir oportunamente las respuestas a las inquietudes y solicitudes presentadas respecto a estas.*
- 4. Recibir la asesoría y acompañamiento de los docentes para superar sus debilidades en el aprendizaje.*

2.3.9 Resolución 2343 de 1996

En la resolución 2343 de 1996 se adopta un diseño de lineamientos generales de los procesos curriculares del servicio público educativo y se establecen los indicadores de logros curriculares para la educación formal.

Indicadores de logros curriculares para los grados séptimo, octavo y noveno de la educación básica

1. Ciencias Naturales y Educación Ambiental:

- *Plantea preguntas respaldadas por un contexto teórico articulado por ideas científicas, explorando varios temas científicos, y manifiesta inquietudes y deseos del saber acerca de temas teóricos y tecnológicos.*
- *Hace descripciones dentro del contexto de un problema teórico o tecnológico utilizando las categorías de la ciencia.*
- *Hace preguntas desde la perspectiva de una teoría explicativa, se documenta para responder las preguntas y formula otras nuevas.*
- *Formula hipótesis cualitativas, ordinales, y cuantitativas que se fundamentan de datos tratados en forma sencilla (promedios, modas, porcentajes) para cuya obtención ha realizado medias.*
- *Escribe informes coherentes de sus actividades de estudio.*
- *Plantea y trata problemas de las ciencias naturales y problemas tecnológicos y propone soluciones teniendo en cuenta las teorías explicativas.*
- *Argumenta que la ciencia y la tecnología son una construcción social para el bien del hombre y la sociedad, respeta las ideas de los demás teniendo en cuenta que toda discusión siempre está regida por la búsqueda de la verdad.*

2.4 Antecedentes

En su gran mayoría, los trabajos anteriores en enseñanza de la Física hacen alusión a en conceptos como la fuerza, la aceleración y la masa. Sin embargo, son muchos los aportes significativos para la intención de esta propuesta, ya que el concepto Torque, como punto central del tema de estudio, se construye a partir de las definiciones, principios y conceptos fundamentales de la Física.

Castro (2008) desarrolla una propuesta para la enseñanza del concepto Torque a partir del estudio de los diseños de algunas máquinas encontrados en los manuscritos de Leonardo Da Vinci. Propone la creación de los modelos a escala de las máquinas y todos sus mecanismos, y a partir de esto analizar su funcionamiento para responder preguntas como ¿Cómo funciona la máquina? ¿Cuál es su utilidad? ¿Cuáles principios físicos explicarían el funcionamiento de la máquina?. Aunque surgieron dificultades en la implementación de la propuesta debida a la complejidad de los modelos a reproducir, se rescata la posibilidad de explicar los conceptos básicos de la Física con modelos mucho más sencillos.

El trabajo de Delgado (2010) sobre de los conceptos básicos de Física para el ingreso a nivel superior, hace una revisión de los conceptos fundamentales y necesarios para el aprendizaje de la Física, entre los cuales se encuentra el concepto de equilibrio. Según el autor muchos de los textos no se ajustan a las necesidades de los estudiantes o son de alto grado de dificultad, lo que ocasiona una mala disposición a la asignatura que conlleva a la obtención de resultados bajos y que no haya un Aprendizaje Significativo principalmente de los conceptos básicos. Con su propuesta, asegura el autor, el estudiante aprende Física desde un lenguaje sencillo que no se aleja de la rigurosidad del lenguaje científico.

En el trabajo "*Propuesta Didáctica para la Enseñanza del Concepto de Masa*", Martínez (2011) plantea la problemática que genera la comprensión y concepción del concepto masa, y hace un análisis de las diferentes categorías en los contextos en que es utilizado. Propone una secuencia de aprendizaje que parte desde las ideas previas hasta el concepto más formalmente aceptado desde la ciencia. En su investigación, encuentra la resistencia al cambio en las preconcepciones de los estudiantes pero argumenta que a través de actividades didácticas reiterativas se logra un cambio conceptual significativo, especialmente cuando se aborda el concepto masa.

El trabajo de García (2012) "*Informe final guías e informes de laboratorio para el grado 11º*", contiene una serie de prácticas de laboratorio cuyo propósito es estimular la curiosidad de los estudiantes a partir de la observación; después de un análisis de los resultados, se consigue afianzar o confrontar los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso de Física. En los resultados de su trabajo, la autora expresa que con frecuencia las predicciones de los estudiantes no concuerdan con lo ocurrido en la experiencia, situación que favorece el cambio conceptual y el Aprendizaje Significativo.

En el trabajo "*Diseño de manual experimental de Física empleando materiales cotidianos*", Castañeda (2012) propone una serie de experiencias para la enseñanza de la Física utilizando materiales de bajo costo o de uso cotidiano, con los cuales aborda diferentes temáticas de la Física entre las que se encuentra el tema de Equilibrio Rotacional con un balancín. En la experiencia se pretende demostrar la posibilidad de equilibrar los torques generados por el peso de monedas en un balancín elaborado con un lápiz, una regla y cinta. La guía propuesta presenta algunas preguntas relacionadas con la posición y el tamaño de las monedas con el fin de que los alumnos descubran las posibles soluciones para llegar a la condición de equilibrio. El trabajo presenta alternativas para desarrollar actividades experimentales sencillas para abordar la enseñanza de conceptos y la presentación de algunos fenómenos físicos.

El trabajo de Arias (2011), los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista, asegura que las leyes de Newton son fundamentales en el estudio de la mecánica y que los diagramas de fuerza, como versiones simplificadas de una situación Física, estimulan los modelos mentales y evidencian los preconceptos de quienes hacen uso de ellos. Los resultados de este trabajo muestran que el uso de diagramas de fuerza contribuye a la discusión y análisis de situaciones; así mismo en la mayoría de los casos se evidenció un cambio conceptual en los saberes o conocimientos previos de los estudiantes. La importancia de este trabajo radica en la utilización del diagrama de fuerza para el análisis del Equilibrio Rotacional que involucran fuerzas aplicadas en diferentes posiciones del sistema.

3. Metodología

Varias etapas conforman el desarrollo e implementación de la propuesta de enseñanza del concepto Torque y el Equilibrio Rotacional; etapas que van desde la motivación inicial hasta la evaluación del estado final de los estudiantes involucrados en la intervención.

Ya que la propuesta toma como fundamento pedagógico el Aprendizaje Significativo y el trabajo colaborativo, se hace indispensable que el nuevo conocimiento se relacione con los conocimientos previos de los estudiantes. La construcción del nuevo conocimiento tiene su esencia en la participación activa de los estudiantes quienes serán estimulados con el trabajo experimental grupal y con el uso de equipos y materiales diseñados con la intención de generar procesos de pensamiento en los que la observación, el análisis, la discusión y la puesta en común de los resultados, se constituyen en pilares fundamentales para el aprendizaje.

3.1 Motivación

La motivación es un proceso que provoca ciertos comportamientos en los estudiantes y los predispone a lo que se quiere enseñar. Con el ánimo de despertar el interés y estimular su deseo de aprender, se presentó a los estudiantes la propuesta de enseñanza del concepto Torque o momento de fuerza, y del concepto Equilibrio Rotacional, sustentada en una alta carga de actividad experimental que exige la participación activa y reflexiva de ellos, y que adicionalmente demanda un esfuerzo para alcanzar los objetivos establecidos. En primera instancia se hizo una introducción al concepto centro de masa explicando los detalles sobre su ubicación en los objetos y su importancia a la hora de establecer el equilibrio de los cuerpos. Surgieron ideas y preguntas muy interesantes sobre el centro de masa de los cuerpos, entre ellas:

- *“Si dos objetos tienen cada uno por separado su centro de masa. Entonces ¿si esos dos objetos se unen quedarán también dos centros de masa?”*
- *¿Dónde está el centro de masa de un pandequeso?*
- *Un balón tiene muchos centros de masa ya que se puede poner a equilibrar sobre el dedo en muchos puntos diferentes.*
- *¿Si un objeto gira en el aire alrededor de su centro de masa, será igual que si se pone a girar sobre el piso?*

Luego se preguntó si el término Torque era conocido por los estudiantes. Sólo dos estudiantes del grupo experimental comentaron haber escuchado el término cuando se hacía referencia a los motores de los autos.

Cuando se presentaron algunas ideas sobre el Torque y se mencionaron algunas de sus aplicaciones, los estudiantes pronto pudieron reconocer el fenómeno en diferentes situaciones cotidianas y expresaron, entre otras, las siguientes ideas:

- *“Algo relacionado como con las palancas”*
- *“Yo creo que tiene que ver algo con las balanzas para medir pesos”*
- *“Cuando uno se monta en un mataculín”*
- *“Entonces si tiene que ver algo con el movimiento del motor de los carros”*

Después de presentar la propuesta, los estudiantes mostraron gran interés y motivación para participar de las experiencias que podrían ayudar a resolver sus inquietudes, a confirmar sus hipótesis o rectificar sus conceptos o ideas sobre algunos de los fenómenos mencionados en la charla de introducción.

3.2 Población

La implementación de la propuesta se llevó a cabo con los estudiantes del grado séptimo del Instituto Jorge Robledo, institución privada fundada en el año 1949 y ubicada en el Barrio Carlos E. Restrepo de la ciudad de Medellín. El grado séptimo lo conforman 73 estudiantes de ambos sexos, divididos en tres grupos (7ºA, 7ºB y 7ºC); con edades comprendidas entre los 12 y 14 años y provenientes de los estratos socio-económicos 3, 4 y 5.

En general los estudiantes sujetos de la intervención tienen comportamientos que se consideran dentro de lo normal y muestran respeto por sus compañeros, por la institución y por sus profesores. No tienen problemas académicos serios ni situaciones disciplinarias delicadas; son estudiantes con alto grado de interés por lo académico que presentan una disposición y actitud positiva hacia el aprendizaje. Su interés por los nuevos conocimientos los motiva a participar con entusiasmo en las actividades académicas y encuentran en la pregunta un recurso al que acuden constantemente y sin temor alguno para encontrar respuestas sus inquietudes. Otra característica muy marcada en esta población es su facilidad para lanzar hipótesis y expresar sus ideas para tratar de explicar los fenómenos que ocurren en sus vidas cotidianas.

Los estudiantes del grado séptimo tuvieron dentro de su plan de estudios la asignatura Ciencias Naturales en la primaria, y Ciencias Físico-Químicas en el grado sexto. Si bien la Institución cuenta con laboratorios bien dotados para la actividad experimental, los estudiantes en el paso por la primaria asisten cada quince días al laboratorio, esto hace que la actividad experimental en temáticas relacionadas con el conocimiento físico básico (Lineamientos Curriculares) no sea suficiente; igual situación sucede en Ciencias Físico-Químicas del grado sexto, razón por la cual se incorporó el Laboratorio de Ciencias como parte de la asignatura Ciencias Naturales, de manera que se convirtiera en un espacio en el que los estudiantes tuvieran semanalmente la oportunidad de interactuar con los fenómenos naturales a través de la experimentación. Otra razón importante para seleccionar a los estudiantes del grado séptimo para la implementación de la propuesta la constituye el conocimiento matemático que ellos tienen en este nivel escolar, ya que algunas actividades incluidas en los módulos requieren del uso de las matemáticas (aritmética) en operaciones con números decimales y solución de ecuaciones sencillas.

La aplicación de la propuesta se desarrolló en la asignatura Laboratorio de Ciencias que tiene una intensidad semanal de una hora. La intervención se llevó a cabo durante los meses de agosto y septiembre (en un total de 8 horas clase) con todos los grupos del grado (7ºA, 7ºB y 7ºC). Sin embargo, se eligió a 7ºB como grupo de seguimiento para el estudio y análisis de los resultados, ya que es el grupo más numeroso del grado (27 estudiantes) y sus integrantes conforman una muestra que representa significativamente a la población. Adicionalmente, y para complementar el análisis, se presentan al final tres estudios de caso basados en los resultados del pre-test y el post-test, en el comportamiento durante las actividades y las opiniones expuestas en la entrevista oral y escrita.

3.3 Pre-test y post-test

Se diseñó un cuestionario que fue aplicado como pre-test y post-test. El cuestionario, que consta de 15 preguntas de selección múltiple (ver ANEXO A), pretende evaluar el estado inicial y los conocimientos previos de los estudiantes del grado 7º del Instituto Jorge Robledo sobre los temas relacionados con la propuesta de enseñanza a implementar. Para la presentación de la prueba los estudiantes cuentan con 45 minutos y no tienen la asesoría del profesor en ninguna de las preguntas.

Las primeras 8 preguntas del test fueron diseñadas para determinar si los estudiantes tienen el dominio de algunos conceptos básicos de la Física como la masa, el peso y el centro de masa. Si bien los estudiantes con quienes se implementará lo propuesta tuvieron dentro de su plan de estudios la asignatura Ciencias Naturales durante su paso por la primaria, y en el grado 6º continuaron con la asignatura Ciencias Físico-Químicas, es necesario evaluar el aprendizaje de las temáticas que para ese grado escolar proponen los lineamientos curriculares en el Conocimiento científico básico, particularmente en el ítem Conocimiento de procesos físicos.

En las tres preguntas siguientes del cuestionario se propusieron situaciones con las que se pretende evaluar los conocimientos básicos sobre el Torque o momento de fuerza, concepto que según los lineamientos curriculares debe abordarse en los grados 4º, 5º y 6º. Para el grado 7º, un estudiante debería estar en capacidad construir teorías sobre el torque y el equilibrio, y describirlas cualitativamente. En las 4 preguntas restantes se presentaron situaciones cotidianas para indagar sobre los conocimientos relacionados con el Equilibrio Rotacional y el establecimiento de condiciones para lograr el equilibrio en balancines de brazos iguales.

El análisis de los resultados en la prueba permitirá diseñar los organizadores previos necesarios para incorporar clave que servirá como punto de anclaje para relacionar los conocimientos existentes en su estructura cognitiva con la nueva información presentada en las actividades incluidas en la propuesta.

El cuadro siguiente muestra la organización de las preguntas en tres categorías incluyendo los objetivos que los estudiantes deben alcanzar en cada categoría:

PREGUNTAS	TEMAS	OBJETIVOS
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.	Masa, peso, fuerza y centro de masa.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la diferencia entre masa y peso. • Conocer las unidades de medida de algunas magnitudes Físicas. • Determinar el centro de masa de cuerpos rígidos de geometría sencilla. • Conocer la acción de la gravedad sobre los cuerpos.
9, 10, 11.	Torque o momento de fuerza.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el Torque o momento de fuerza. • Calcular el Torque a partir del peso o la fuerza aplicada a una determinada distancia a un punto de giro o fulcro.
12, 13, 14, 15.	Equilibrio Rotacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer condiciones para lograr el Equilibrio Rotacional en un balancín. • Relacionar la fuerza o peso con la distancia hasta el punto de giro del sistema para alcanzar el equilibrio de Torques en un balancín.

Tabla 1. Categorías de la evaluación (pre-test y post-test)

Al final de la intervención se aplicará nuevamente el cuestionario (post-test) y los resultados serán evaluados por medio del factor Hake que permite determinar si las estrategias propuestas y el material didáctico fueron convenientes y dieron como resultado el Aprendizaje Significativo de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional.

3.4 La evaluación de los resultados: el factor de Hake

El Factor Hake³ (Hake, 1998) mide la ganancia en el aprendizaje tomando como referencia el promedio (en el caso de análisis grupal) o la cantidad (en caso de análisis individual) de respuestas correctas tanto en el pre-test como en el post-test.

³ Richard R.Hake: profesor emérito de la Universidad de Indiana. Ha hecho estudios y análisis sobre la ganancia en el aprendizaje de la Física mecánica en cursos universitarios de Física.

El factor de ganancia Hake varía entre 0 y 1 y se calcula así:

$$g = \frac{post - pre}{m\acute{a}x - pre}$$

Donde:

g: es el factor de ganancia en el aprendizaje.

post: corresponde al número de preguntas correctas en el post-test.

pre: corresponde al número de preguntas correctas en el pre-test.

máx: corresponde al número de preguntas que tiene el test.

Richard Hake propone tres categorías para la ganancia normalizada que, para el caso de esta propuesta, medirán el grado de éxito en las estrategias de enseñanza y en el aprendizaje por parte de los estudiantes sujetos de la intervención:

Ganancia Baja: $g \leq 0,3$

Ganancia Media: $0,3 < g \leq 0,7$

Ganancia Alta: $0,7 < g \leq 1$

Es de anotar que el índice Hake relaciona lo que el estudiante aprendió con lo que éste tenía que aprender. Así, es posible que dos estudiantes que tengan igual índice de ganancia representen dos situaciones totalmente distintas:

- La de estudiante que obtuvo una alta calificación en el pre-test y luego en el post-test obtuvo una calificación ligeramente superior.
- La de estudiante que obtuvo una calificación baja en el pre-test y mejoró su calificación en el post-test.

3.5 Diseño y construcción del material didáctico y equipos para la intervención

Para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional se propone el diseño de material didáctico que será utilizado en el desarrollo de las actividades contenidas en los módulos. El material permitirá a los estudiantes tener contacto directo con los fenómenos físicos a través de la experimentación. A partir de la observación, la recopilación de datos y el análisis de resultados los estudiantes estarán en capacidad de realizar predicciones y comprender las leyes que rigen el equilibrio.

Un concepto previo fundamental para la comprensión del Torque lo constituye el centro de masa o centro de gravedad de un cuerpo. En las actividades experimentales

orientadas a la enseñanza y comprensión del centro de masa, se utilizarán dos varitas de madera balsa; una de ellas fue modificada al incorporarle una varilla de metal de manera que su centro de masa se desplazara hacia uno de sus extremos. El propósito es que el estudiante se cuestione sobre la geometría y la uniformidad de la densidad de un cuerpo y sus implicaciones en la ubicación de su centro de masa.



Imagen 1. Construcción de las varita #2

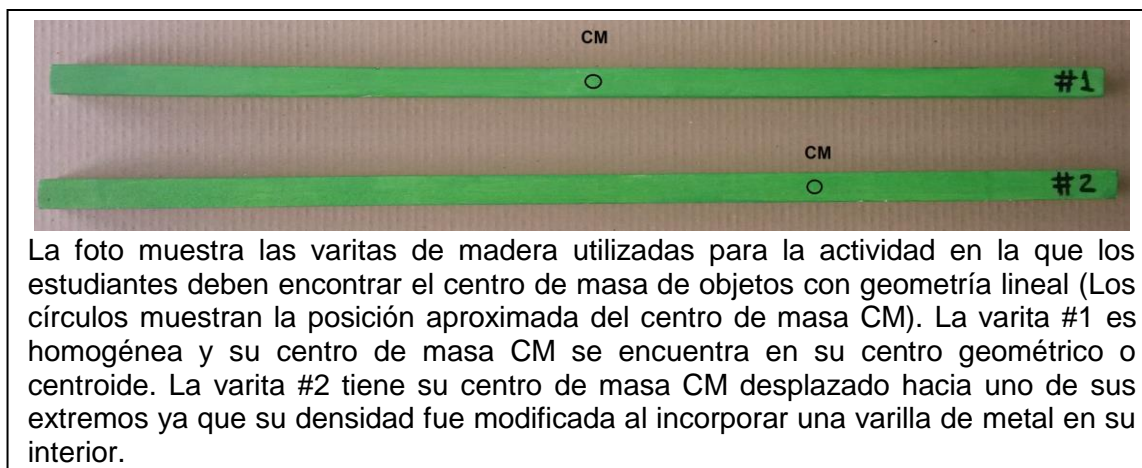


Imagen 2. Varitas #1 y #2 para la actividad de determinación del centro de masa.

Para la ubicación del centro de masa en figuras planas con geometría regular e irregular se construyeron 4 figuras en cartón; la forma geométrica de las figuras fueron escogidas intencionalmente para que los estudiantes descubrieran que la posición del centro de masa es distinta según sea la forma geométrica del cuerpo e incluso se puede encontrar por fuera de la masa misma lo constituye. Con el ánimo de hacer más llamativo y atractivo el material, todas las figuras fueron pintadas con colores diferentes.

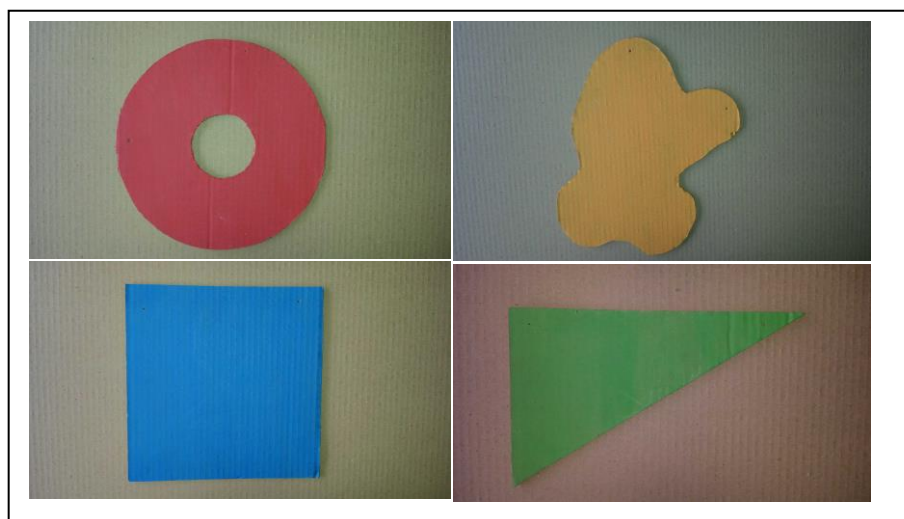


Imagen 3. Figuras planas regulares e irregulares.

Se construyó también una quinta figura plana de geometría regular que fue modificada al introducir en ella varios alambres cortos por los extremos cercanos a una de sus esquinas, de manera que constituyera un cuerpo con densidad no uniforme cuyo centro de masa no coincide con su centro geométrico; así los estudiantes intuitivamente, después de equilibrar el cuerpo, lanzarán algunas hipótesis tratando de explicar las causas de este extraño fenómeno.



La figura regular rectangular tiene varias varilla de metal en la esquina superior derecha, haciendo que el centro de masa CM del cuerpo no coincida con su centro geométrico. Con esta pieza comprenderán que la posición del centro masa del cuerpo no depende exclusivamente de geometría del cuerpo sino también de la uniformidad de su densidad.



La figura rectangular en equilibrio cuando es soportada en su centro de masa.

Imagen 4. Figura rectangular con densidad no uniforme

La plomada utilizada en el método de la suspensión de la figura se fabricó con un trozo de hilo, una arandela y una tuerca:

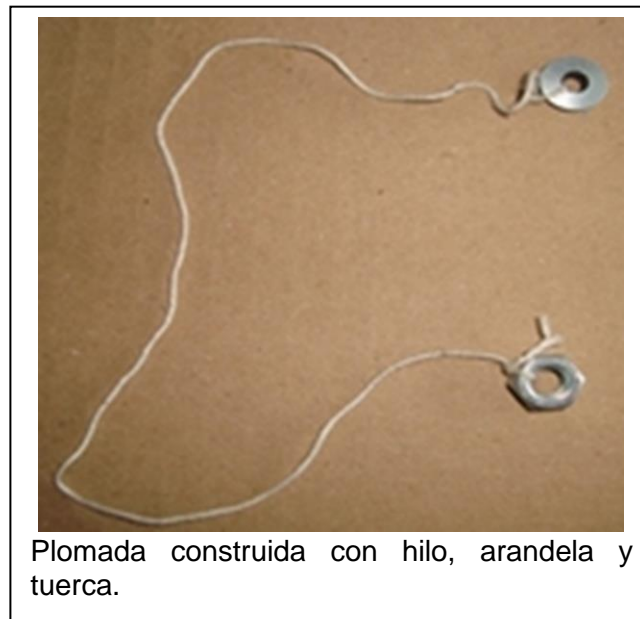


Imagen 5- Plomada

La plataforma para suspender la figura y la plomada fue fabricada con un trozo de madera balsa y un clip:



Imagen 6. Plataforma para suspender las figuras planas

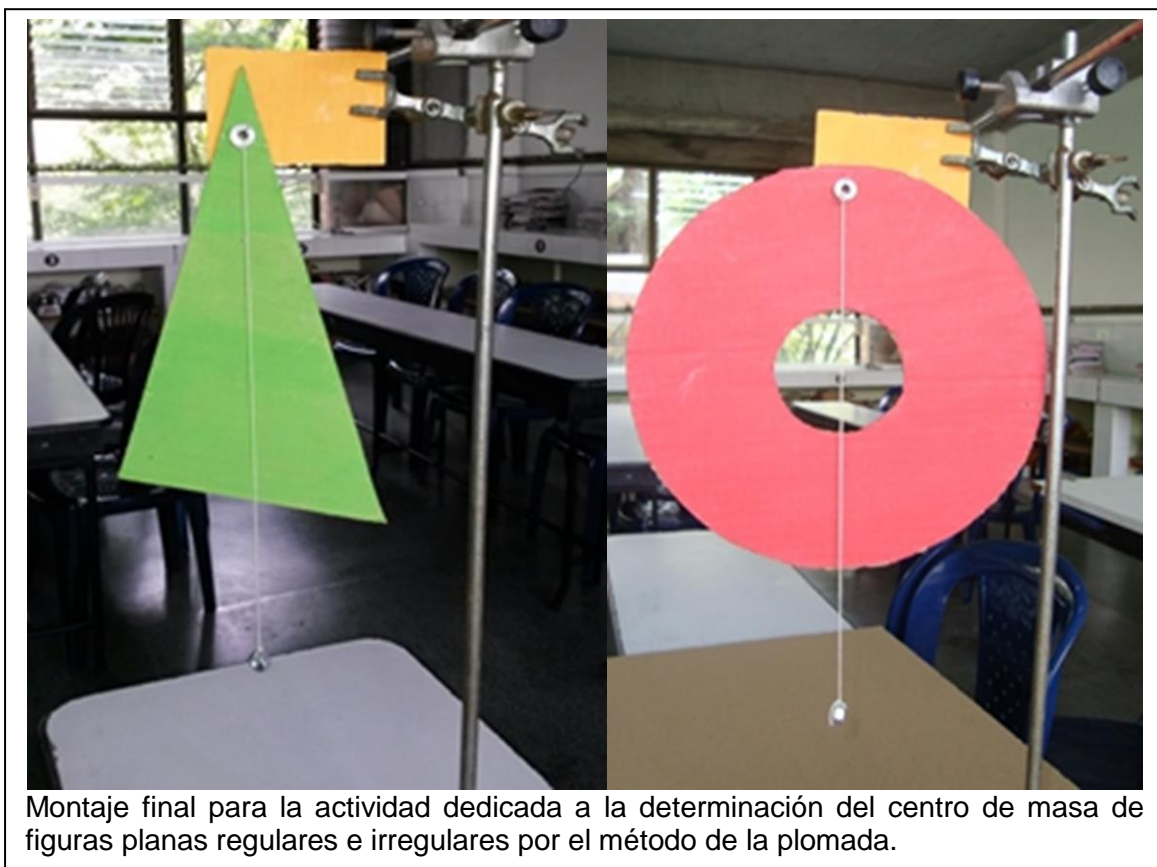


Imagen 7- Montaje para la determinación del centro de masa de figuras planas.

Para observar los efectos del Torque en un sistema físico se construyó una caña de pescar con un trozo de bambú y varios cáncamos unidos a ella.



Imagen 8. Caña de pescar.

Las masas que serán colgadas en la caña son peces de plástico de varios tamaños. Algunos ellos se llenaron con arena para aumentar su masa y así al momento de ser colgados en la caña generen diferentes deformaciones en la caña. Los estudiantes a partir de esta observación podrán deducir cuál de todos los peces es más pesado y podrán evidenciar la variación del Torque con la variación de la masa y su posición en la caña de pescar.



Imagen 9. Peces de diferentes tamaños y pesos.

Para la enseñanza del concepto Torque o momento de fuerza se diseñó un balancín con una barra de 2 metros de longitud. Se instalaron cáncamos abiertos métricos cada 20 cm (0,2 m) en la parte inferior de la barra para colgar masas que produzcan Torques en diferentes posiciones del balancín; igualmente fueron instalados los cáncamos en la parte superior de la barra para permitir ejercer Torques en dirección contraria a los producidos por los pesos. Los cáncamos superiores permiten el uso del dinamómetro para medir la fuerza que se aplica en las distintas posiciones del balancín.



Imagen 10. Cáncamo abierto métrico.

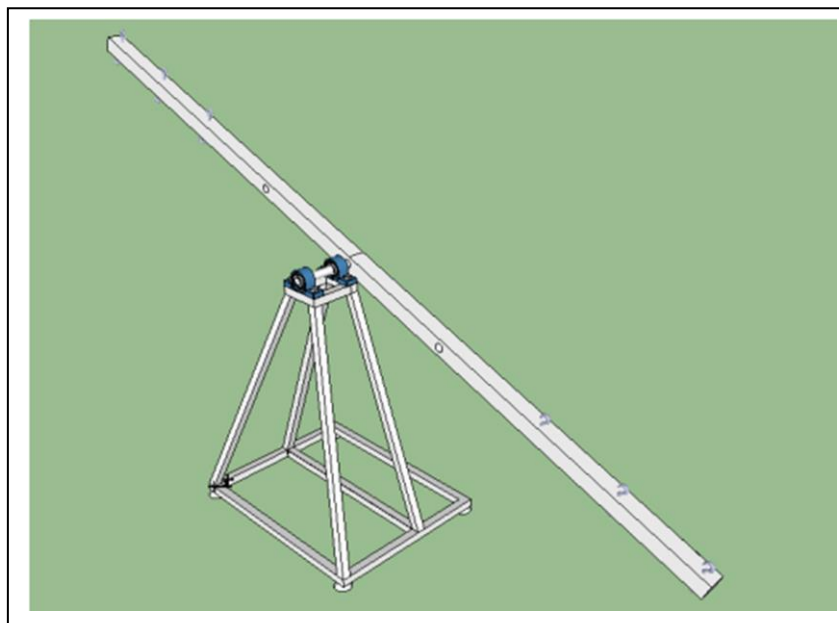
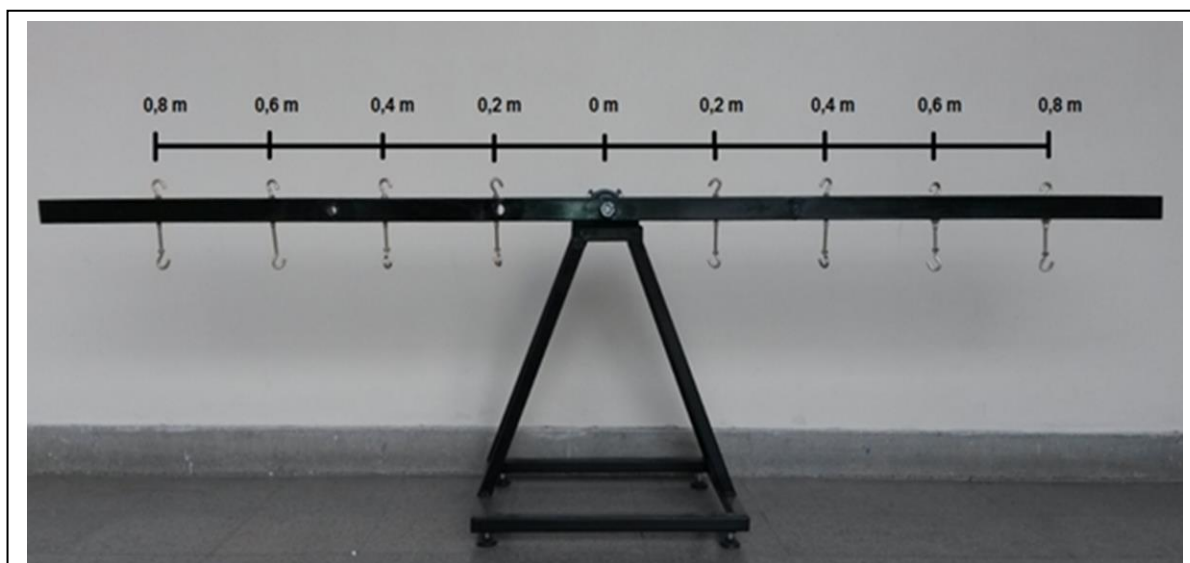


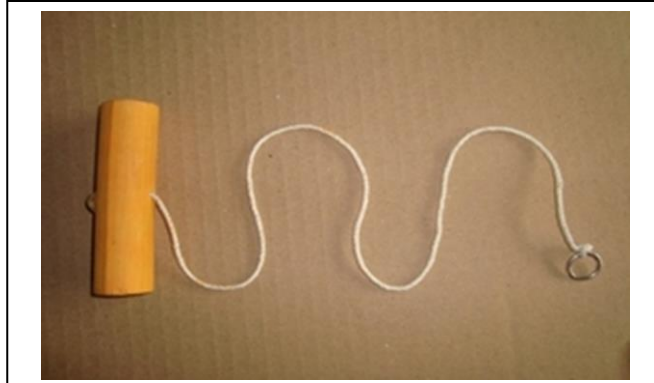
Imagen 11. Diseño preliminar del balancín grande.



Fotografía del balancín grande utilizado en las actividades sobre el torque o momento de fuerza. Los cáncamos abiertos están instalados cada 20 cm (0,2 m). Es un balancín robusto que soporta pesos considerables y permite la medición de la fuerza utilizando un dinamómetro.

Imagen 12. Balancín grande.

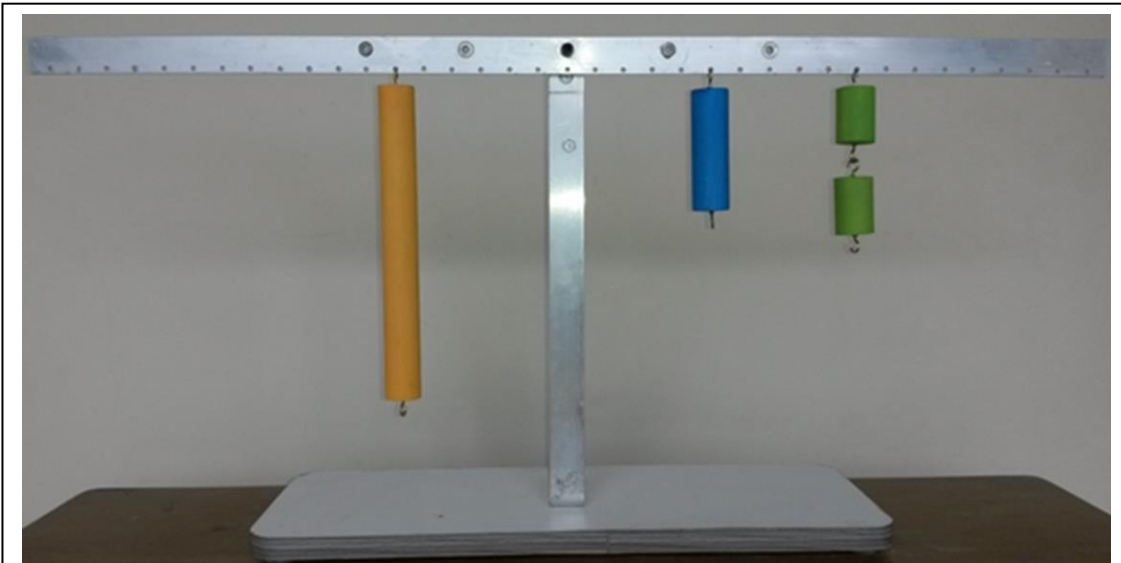
Para percibir los efectos del Torque en el balancín grande se construyó una agarradera de madera con un hilo que tiene atado un aro metálico. El aro de la agarradera se engancha en los cáncamos abiertos instalados en la parte superior de la barra para equilibrar el peso colgado en el cáncamo abierto instalado en la parte inferior de la barra del balancín.



Agarradera fabricada con madera, hilo y aro metálico. Utilizada para equilibrar el balancín grande y permitir la percepción del torque por parte de los estudiantes.

Imagen 13. Agarradera.

Para las actividades dedicadas a la enseñanza del Equilibrio Rotacional se construyó un balancín un poco más pequeño con una barra de 75 cm de longitud con perforaciones cada 2 cm en las que se colgarán masas de 10 g, 20 g y 50 g. Las masas fueron construidas con madera y cáncamos abiertos.



Balancín elaborado con una lámina de aluminio y base de madera.

Imagen 14. Balancín.

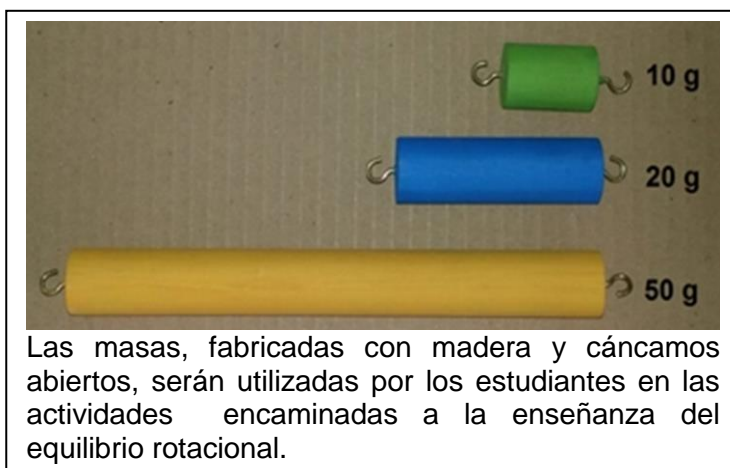


Imagen 15. Masas de 10, g, 20 g y 50 g.

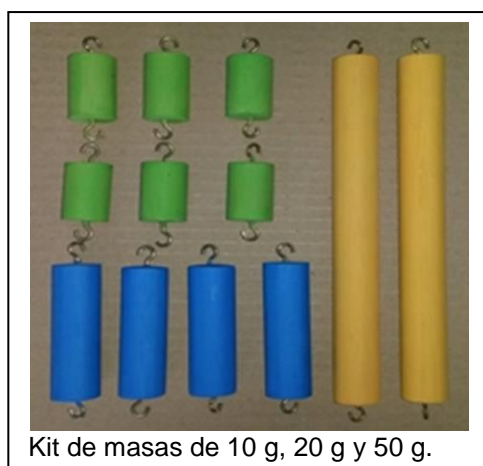


Imagen 16. Kit de masas para el balancín.

El balancín fue construido con una lámina de aluminio que está apoyada en una base de madera. La barra del balancín tiene perforaciones cada 2 cm

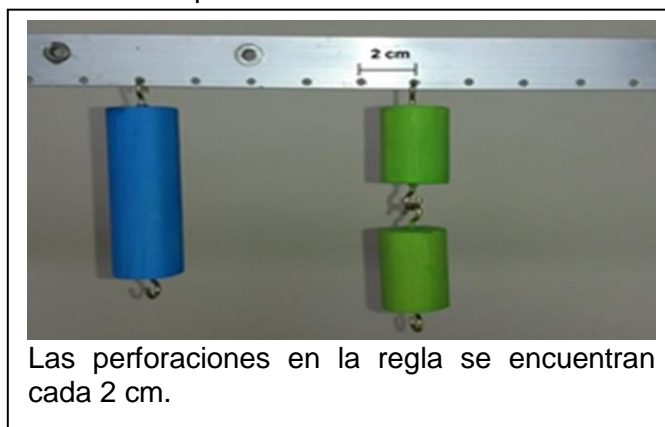


Imagen 17. Perforaciones en la regla del balancín.

Adicionalmente se construyó una regla cebra con una lámina de aluminio con un fulcro de madera. Las divisiones en la regla fueron pintadas cada 2 cm; ellas servirán como puntos de referencia para que los estudiantes pongan las masas y determinen las condiciones de equilibrio.

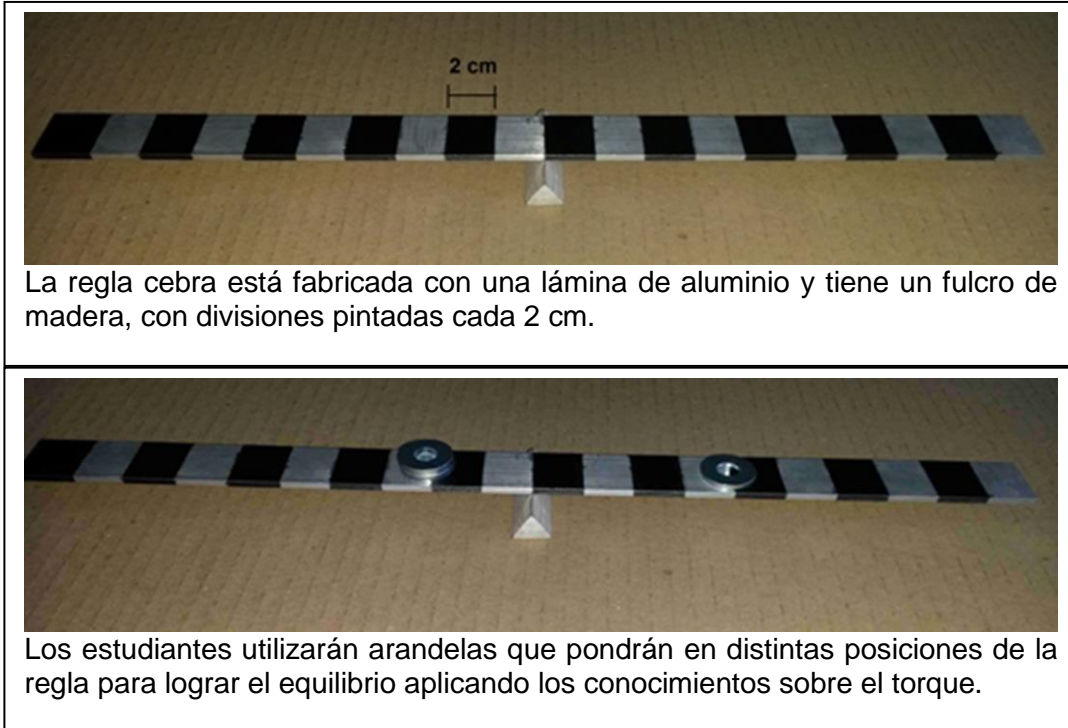


Imagen 18. Regla cebra para Equilibrio Rotacional

3.6 Descripción de los módulos

Para la intervención se diseñaron 3 módulos (Ver ANEXOS B, C y D) para llevar a cabo el propósito fundamental de este trabajo: la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional. Los módulos fueron diseñados y adaptados teniendo en cuenta:

- Los antecedentes académicos de los estudiantes en la asignatura Ciencias Naturales.
- El diagnóstico del estado inicial de los estudiantes respecto a conceptos básicos de la Física.
- Las necesidades, inquietudes e intereses manifestados por los estudiantes y observados en la actividad introductoria de motivación.
- Las posibilidades que ofrece el material didáctico y equipos para la práctica experimental por parte de los estudiantes.

- La inclusión de organizadores previos que ayudarán a conectar los conocimientos establecidos en el estructura cognitiva de los estudiantes con el conocimiento nuevo.

3.6.1 Módulo 1. Centro de Masa

La aplicación de las dos actividades propuestas en el Módulo 1 (ver ANEXO B) tiene como propósito la determinación experimental del centro de masa de objetos sencillos, algunos de ellos con geometría lineal y otros con geometría plana regular e irregular. El concepto centro de masa es fundamental para la comprensión y aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional, por tal razón se implementan actividades experimentales en las que los estudiantes, por medio del trabajo colaborativo y de la participación interactiva de cada miembro del grupo, logren comprender el significado del centro de masa de un sistema físico, y aprenden diferentes métodos o estrategias para determinar su ubicación en objetos con geometría sencilla.

Como **organizadores previos** (Moreira, 2012) se proponen: la presentación del video **Centro de Gravedad – Proyecto G⁴** y una lectura introductoria sobre la ubicación del centro de masa de cuerpos rígidos. Con esto organizadores se pretende suministrar ideas ancla (densidad, centro geométrico) que servirán para conectar los conocimientos previos que tienen los estudiantes (masa y peso) con la nueva información (centro de gravedad y equilibrio) presentada en el video que será complementada con la explicación del profesor. Al final se abrirá una discusión sobre las ideas allí presentadas y se propondrá el lanzamiento de hipótesis sobre la ubicación del centro de masa de objetos de distintas formas geométricas.

Dos razones importantes se tuvieron en cuenta para la selección del vídeo Centro de Gravedad – Proyecto G, son:

- Abreena Tompkins (2007), investigadora especialista en el Aprendizaje Basado en el Cerebro, sugiere intervalos entre 15 y 20 minutos para actividades de intensa concentración. El vídeo tiene una duración de 13:48 minutos y se ajusta a esta recomendación para hacer de esta una actividad entretenida que despierta el interés y la curiosidad de los estudiantes.
- El lenguaje utilizado por los personajes que intervienen en el vídeo es claro y presentan experiencias cotidianas que los estudiantes pueden reproducir fácilmente.

⁴ Video Centro de Gravedad – Proyecto G disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=tpTAOeba4ho>

3.6.2 Módulo 2. Torque o momento de fuerza

El objetivo de este módulo (Ver ANEXO C) es presentar la definición y el significado del concepto Torque y su implicación desde el punto de vista físico en diferentes sistemas. Se proponen tres de actividades, algunas de ellas con materiales de fácil adquisición, que permiten a los estudiantes percibir con sus propias manos los efectos de la aplicación de la fuerza en diferentes posiciones de un sistema que gira o intenta girar alrededor de un punto de rotación.

Como organizador previo se propone al inicio de las actividades una corta lectura sobre las aplicaciones cotidianas en las que aparece el Torque. Se pretende anclar algunas ideas fundamentales (fuerza, peso, resistencia) para relacionarlas con sus conocimientos previos (palancas, puntos de apoyo) y de esta manera facilitar el Aprendizaje Significativo de la nueva información (Torque).

La actividad N° 1 llamada “Fue una buena pesca” tiene como objetivo describir cualitativamente sus observaciones cuando una carga (peces de diferentes tamaños y pesos) es colgada en diferentes posiciones de una caña de pescar. El estudiante llamado el pescador percibirá de su propia mano la acción de la fuerza en cada una de las posiciones de la caña que lleva en sus manos, y los demás estudiantes podrán observar la deformación de la caña debida al peso de los peces. Es una actividad sencilla puramente descriptiva cuya intención es despertar la curiosidad en los estudiantes, de modo que se pregunten por qué con el mismo peso, pero colgado en distintas posiciones, se presentan distintas deformaciones en el sistema.

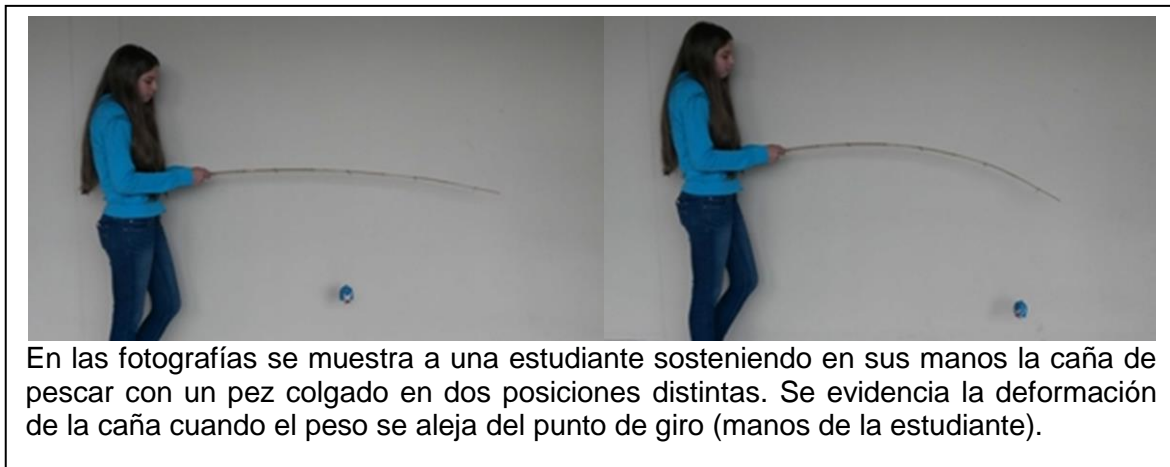


Imagen 19. Estudiante en la actividad con la caña de pescar.

En las actividades 2 y 3 los estudiantes hacen uso de balancín grande para percibir la acción del Torque con pesos un poco más grandes y tienen la oportunidad de medir con un dinamómetro la fuerza necesaria para equilibrar la barra del balancín. Los estudiantes deben realizar operaciones aritméticas sencillas para calcular el valor del Torque en cada una posiciones del sistema. Se induce también con esta experiencia el concepto equilibrio que será tema del módulo 3.

3.6.3 Módulo 3. Equilibrio Rotacional

El módulo 3 (Ver ANEXO D) está dedicado a la enseñanza del concepto Equilibrio Rotacional. Se propone como organizador previo una lectura corta sobre equilibrio incorporando el concepto Torque ya estudiado en el módulo 2. Como ejemplo cotidiano se presenta la grúa torre, se identifican las fuerzas allí presentes y se establecen las condiciones para el equilibrio en función de su posición.

En la actividad 1 los estudiantes utilizan un fulcro de madera y una regla cebra sobre la cual colocan arandelas para lograr el equilibrio del sistema. Con los datos propuestos en una tabla los estudiantes deben establecer las condiciones de equilibrio a partir del cálculo del Torque ejercido por cada arandela en su posición correspondiente. Esta actividad el estudiante debe establecer una regla o ley sobre la situación que cumple la condición o no en el balancín, de modo que pueda hacer predicciones que luego puede comprobar haciendo uso del material didáctico.

La actividad 2 llamada “¿El aire pesa? Una cuestión de desequilibrio rotacional” tiene como objetivo demostrar que el aire pesa. Para ello se utiliza un balancín, dos globos desinflados y uno inflado. A partir de la definición del Torque y de las condiciones para el Equilibrio Rotacional, los estudiantes tendrán que explicar la situación de desequilibrio que experimenta el balancín. Es una actividad sencilla que promueve el análisis, la predicción y la expresión de hipótesis acerca de lo que sucederá en el sistema. Al final los estudiantes confirmarán la validez de sus hipótesis.

El balancín y un kit de masas de 10 g, 20 g y 50 g constituyen el equipo y material didáctico para el desarrollo de la actividad 3. Los estudiantes encontrarán los valores de masa o de distancia para lograr el equilibrio en el balancín en distintas situaciones propuestas en una tabla de datos. En primera instancia los estudiantes calcularán los valores requeridos en la tabla y luego recurrirán al balancín a confirmar sus resultados. La tabla propone diferentes configuraciones que exigen al estudiante realizar operaciones matemáticas con ecuaciones sencillas, y predecir en algunas situaciones la condición de equilibrio o desequilibrio en el balancín. Al final el estudiante debe comprender que el Equilibrio Rotacional se logra con la igualación de Torques en ambos brazos del balancín.

En la última actividad del módulo 3 los estudiantes visitarán la sala de informática para hacer uso del Applet Balancing-Act,© (2013) desarrollado por la Universidad de Colorado. Los conceptos que aborda el applet en sus actividades son:

- Equilibrio Rotacional
- Torque
- Palancas
- Razonamiento proporcional.

Los objetivos de aprendizaje con el uso del applet son:

- Predecir los valores de masa o las posiciones que equilibran el balancín

- Establecer reglas que permitan predecir el sentido de giro del balancín de acuerdo con la ubicación de las masas en la barra.

Los estudiantes deben recurrir a su intuición y a los conocimientos adquiridos en las actividades previas para superar las pruebas y retos propuestos en el applet. El applet maneja diferentes niveles de dificultad y otorga una calificación al final de la actividad.

3.7 Entrevistas

Otro instrumento importante que ayudará a evaluar el aprendizaje y el dominio conceptual lo constituye la entrevista. La entrevista tiene preguntas abiertas con el fin de indagar sobre otros asuntos que trascienden el aprendizaje y darán cuenta del interés, motivación, grado de aceptación y dificultades de los estudiantes en las actividades desarrolladas en la propuesta de enseñanza; su finalidad es profundizar sobre sus opiniones y los motivos del comportamiento durante la implementación (Sampieri, 2006). Responder a las preguntas abiertas exigirá a los estudiantes un mayor esfuerzo y un manejo del lenguaje que también pueden dar cuenta, en cierta medida, del afianzamiento y aprendizaje de los conceptos objeto de enseñanza de la propuesta.

La entrevista se hará de forma grupal e individual por medio de preguntas orales y escritas; su intención no es sólo la indagación del estado final de los estudiantes sino la apertura de un espacio para socialización de sus ideas, éxitos y fracasos; un momento que demanda el respeto por el otro y brinda la oportunidad para la discusión, la negociación y la puesta en común de los aprendizajes colectivos e individuales.

4. Aplicación de la propuesta y análisis de resultados.

4.1 Aplicación de la propuesta

A continuación se presentan las etapas que conforman la implementación de la propuesta explicando en cada una de ellas sus propósitos, las estrategias pedagógicas, el análisis de los resultados, y los alcances y logros después de la intervención.

4.1.1 Aplicación del Pre-test

En esta etapa de la intervención se pretendía evaluar el estado cognitivo de los estudiantes, identificar sus fortalezas y debilidades conceptuales, y determinar si tenían conocimientos sobre el tema objeto de enseñanza en la intervención. La prueba fue diseñada para ser resuelta en un tiempo máximo de 45 minutos. Cabe resaltar que algunos estudiantes durante la presentación del pre-test decidieron por cuenta propia no marcar ninguna opción en caso de no saber cómo responder algunas de las preguntas. Al indagar sobre esta iniciativa respondieron que pretendían evitar la marcación de respuestas correctas por azar. Se valoró su grado de honestidad ya que su deseo era saber cuál era su estado frente al conocimiento nuevo ofrecido en la propuesta de enseñanza.



Imagen 20. Estudiantes del grupo 7ºB presentando el pre-test.

Al finalizar la sesión, se abrió un espacio para socializar las opiniones, dificultades, o inquietudes que surgieron durante la presentación de la prueba. Algunas de los testimonios presentados por los estudiantes fueron:

- *“Algunos de esos temas nunca los vimos en ninguna materia”.*
- *“Las preguntas del balancín las resolví por lógica”.*
- *“No sabía cómo calcular el Torque de un peso”.*
- *“Quedé muy confundido con la pregunta del peso del objeto en la Tierra y en la Luna”.*
- *“Ese examen me pareció muy difícil porque hay cosas que no conozco”.*
- *“Las preguntas de Torque no supe resolverlas porque no sé qué es el Torque en sí”.*
- *“Yo resolví algunas preguntas pensando en que fueran palancas”.*
- *“Me pareció fácil lo primero pero las últimas preguntas están difíciles”.*

A continuación se presentan algunas de las reacciones observadas durante la presentación del pre-test:

- Muchos estudiantes se sintieron incómodos con el tipo de pregunta porque encontraron muchos factores distractores en las opciones de respuesta. Esto los obligó a leer en repetidas ocasiones la pregunta.
- Una gran mayoría de los estudiantes invirtieron entre 30 y 40 minutos en la realización de la prueba.
- Los estudiantes manifestaron en reiteradas ocasiones su temor por perder la prueba. Se les aclaró que el test era una prueba diagnóstica que no tenía ninguna calificación que afectara las notas de la asignatura Ciencias Naturales.
- Todos manifestaron su interés en conocer el resultado de la prueba.

4.1.2 Experiencias en la aplicación de los módulos

A continuación se presenta un recuento cronológico de las experiencias vividas del desarrollo de los módulos, mostrando fotografías con las evidencias de las experiencias y haciendo una descripción de las observaciones, inquietudes, problemáticas, hipótesis y conclusiones después de cada actividad.

Módulo 1. Centro de Masa

Como organizador previo la presentación del vídeo Centro de gravedad –Proyecto G tuvo como propósito presentar información y experiencias sencillas que los estudiantes pudieron relacionar con sus conocimientos para comprender el concepto centro de masa.

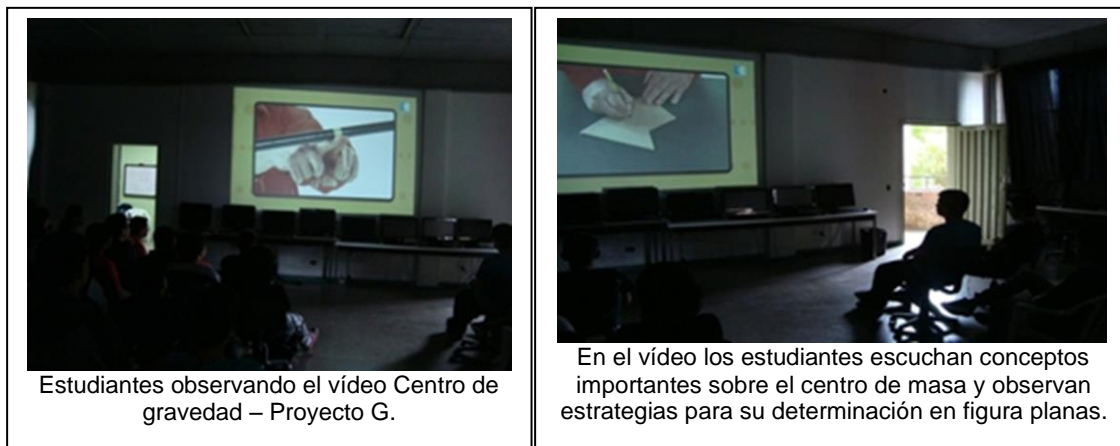


Imagen 21. Presentación del video Centro de gravedad (Organizador previo)

Observaciones en el desarrollo de la actividad:

- Los estudiantes disfrutaron y no tuvieron inconvenientes para comprender cada una de las experiencias presentadas.
- Tuvieron mucha curiosidad por aquellos cuerpos que tienen su centro de masa por fuera del mismo. Se les advirtió que en la actividad siguiente sobre la determinación del centro de masa podrían evidenciar esta fenómeno físico.
- Algunos estudiantes mencionaron el deseo de ir a sus casas a reproducir algunas de los experimentos observados en el vídeo.

En la siguiente sesión de clase los estudiantes tuvieron la oportunidad de determinar el centro de masa de objetos de geometría lineal para lo cual utilizaron las dos varitas de balsa (#1 y #2) diseñadas para esta actividad.



Imagen 22. Determinación del centro de masa de las varitas de madera.



Imagen 23. Equilibrando las varitas de madera.

Observaciones después de la experiencia:

- Todos los estudiantes participaron de manera emotiva en la actividad propuesta y manifestaron su alegría al lograr equilibrar las varitas en el soporte universal después de aplicar el método enseñado.
- Sintieron mucha curiosidad con la ubicación del centro de masa de la varita #2 que se encuentra desplazado hacia uno de sus extremos, situación que dio pie a varias hipótesis, entre ellas:

“Yo creo que esa varita está hueca o le falta un pedazo en su interior”.

“La varita tiene recargado su peso en uno de sus extremos”.

“Será que el profesor le puso más pintura en uno de sus extremos”.

“Esto debe tener algo por dentro o la madera está más comprimida ahí”.

“Yo no sé por qué, pero creo que puede tener más densidad en un lado que en el otro”.

Luego, los estudiantes se enfrentaron al reto de encontrar el centro de masa de figuras planas regulares e irregulares utilizando el método de la plomada y las dos líneas que se intersectan en el centro de masa del objeto. Para evitar rayar las figuras de cartón, se utilizó un pequeño trozo de papel para que hicieran allí sus trazos y marcaran la ubicación del centro de masa de la pieza.



Los estudiantes utilizaron el método de la plomada para encontrar la intersección de las líneas que pasan por el centro de masa de la figura plana.

Imagen 24. Determinación del centro de masa de figuras planas.

Después de encontrar el centro de masa de la figura los estudiantes utilizaron un palito de madera para intentar equilibrar la pieza.



Después de hallar experimentalmente el centro de masa de las figuras planas, los estudiantes comprobaron si su ubicación es correcta tratando de equilibrar la figura en un palito de madera.

Imagen 25. Equilibrando de las figuras planas.

Observaciones después de la experiencia:

- La propuesta de trabajo grupal fue exitosa ya que generó la discusión en reiteradas ocasiones sobre la ubicación correcta del centro de masa; diversos factores externos afectaron el proceso: el viento, el punto de vista o paralaje respecto a la línea trazada por la plomada, el grosor del trazo del lápiz, mantener inmóvil la plomada a la hora de realizar trazos, etc. Después de dar sus opiniones, los miembros del grupo llegaron a un acuerdo y rectificaron su estrategia obteniendo resultados mucho más satisfactorios.

- Algunos estudiantes hicieron comentarios positivos acerca del color de las figuras que hacía más atractiva la actividad. Comentaron además la facilidad para aplicar el método.
- Se preguntaron si el papel blanco utilizado para trazar las líneas modificaba la ubicación del centro de masa de las figuras.
- Acerca de la figura rectangular, cuyo centro de masa no coincide con el centro geométrico, comentaron que estaba hecha de un cartón diferente que era más comprimido en uno de sus extremos que hacía que su densidad fuera distinta.

Módulo 2. Torque o momento de fuerza

La actividad consistió en dar una descripción cualitativa de lo que ocurre en la caña de pescar a medida que cambia la posición donde se cuelga el pez.

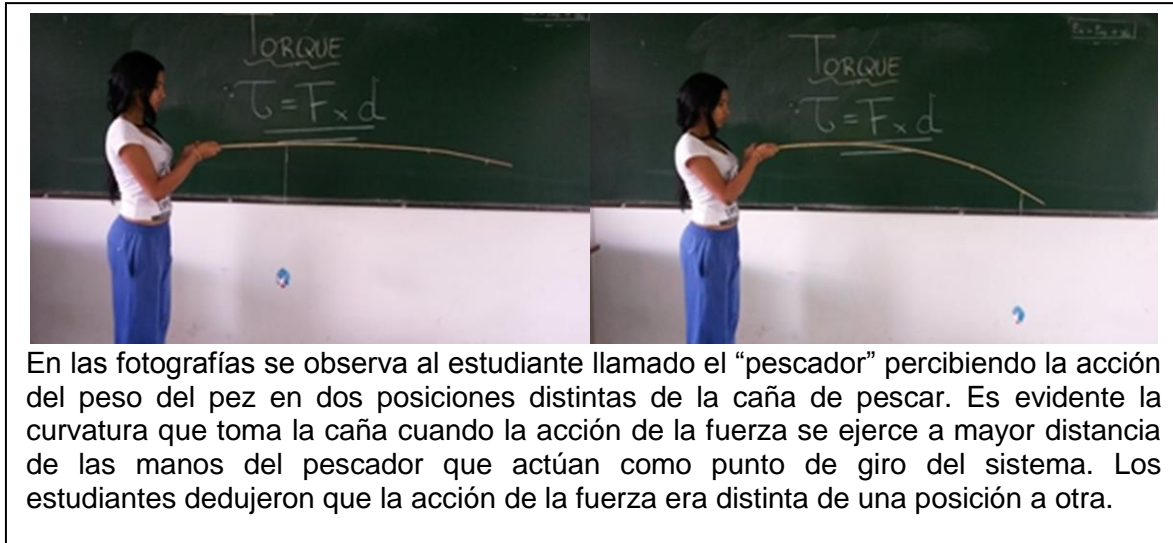


Imagen 26. Actividad ¿Fue una buena pesca?

Observaciones después de la experiencia:

- Algunos estudiantes se vieron sorprendidos sobre la deformación de la caña conociendo que se trataba del mismo pez. De esta manera se preguntaron algunos: si no era el peso del pez el que cambiaba, entonces ¿qué era lo que cambiaba?
- Los testimonios del estudiante llamado “el pescador”, sumados a la evidencia observada en la deformación de la caña, ayudaron a los estudiantes a deducir cuál de los peces era el más pesado.
- Los estudiantes encontraron dificultad para explicar el fenómeno que hay detrás de la acción de la fuerza en distintas posiciones de la caña de pescar.

En la actividad 2 los estudiantes hicieron una descripción cualitativa de la acción del peso de una masa de 1 kg, cuyo peso aproximado es 10 N, en distintas posiciones del balancín grande. Los estudiantes utilizaron la agarradera para equilibrar el Torque ejercido por la masa y describieron el esfuerzo que hacían para lograr el equilibrio. Para ello utilizaron las palabras: débil, fuerte o muy fuerte.



Estudiante percibiendo la acción del torque. Toma la agarradera con ambas manos haciendo un gran esfuerzo para lograr el equilibrio ya que la masa está ubicada en el extremo del balancín y él aplica la fuerza en un lugar muy cercano al fulcro.

Imagen 27. Percibiendo la acción del Torque.



Con el uso de la agarradera los estudiantes pudieron evidenciar la acción del torque producido por la masa de 1 kg cuando intentaron equilibrar la barra del balancín.

Imagen 28. Estudiantes ejerciendo una fuerza para equilibrar el Torque en el balancín grande.

Observaciones después de la experiencia:

- Los estudiantes manifestaron haber disfrutado mucho la oportunidad de sentir con sus propias manos la acción del Torque producido por el peso de la masa.

- Algunos estudiantes se sorprendieron por la variación del esfuerzo que hacían en distintas posiciones para equilibrar el balancín grande.
- Otros estudiantes relacionaron la situación experimental con el uso de las palancas que permiten con poco esfuerzo levantar grandes pesos.
- Un estudiante pidió poner mucho más peso en el balancín y reventó la cuerda de la agarradera.

En la actividad 3 los estudiantes utilizaron el dinamómetro y el flexómetro para tomar medidas de fuerza y distancia para calcular el Torque ejercido por el estudiante para lograr el Equilibrio Rotacional en el balancín grande.



Imagen 29. Uso del dinamómetro en el balancín grande.

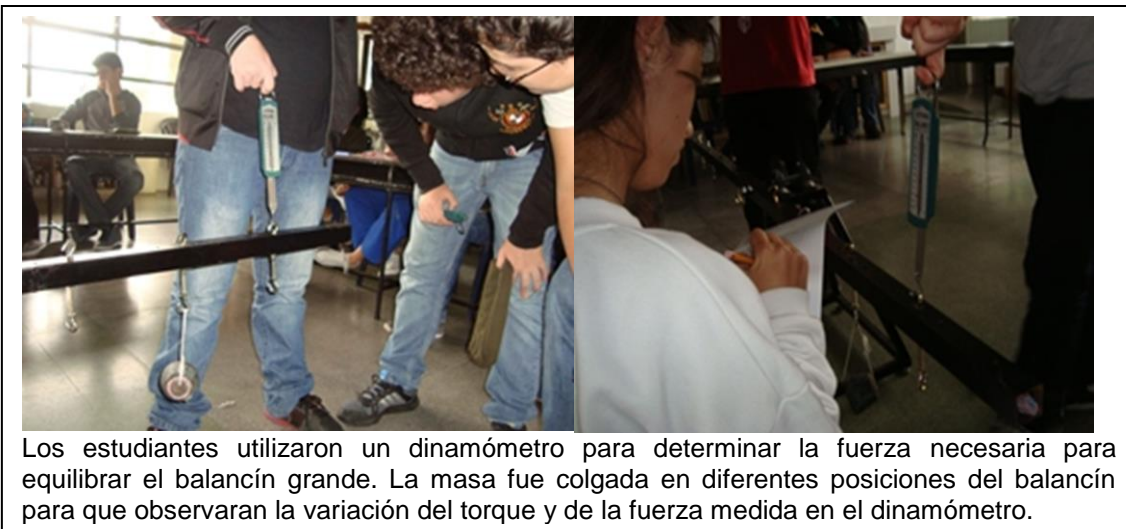


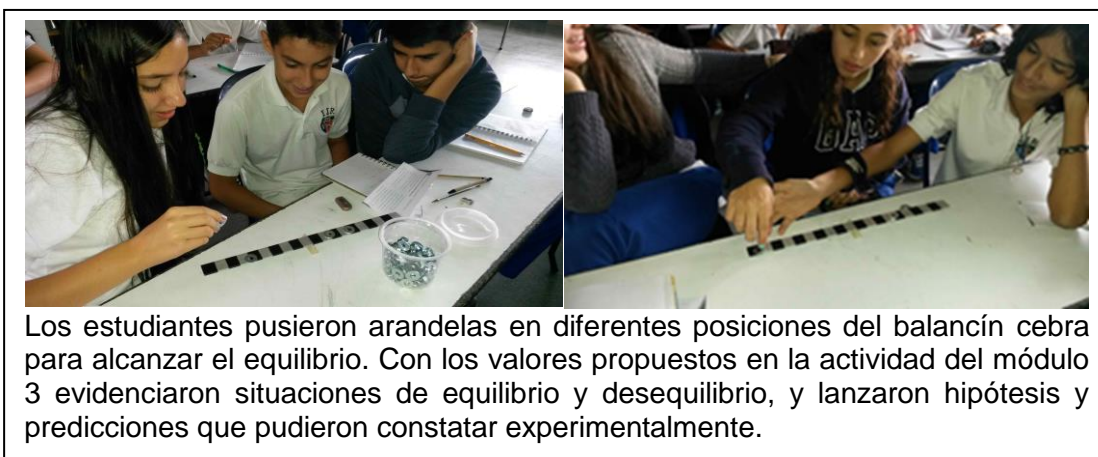
Imagen 30. Estudiantes midiendo la fuerza para equilibrar el Torque.

Observaciones durante la experiencia:

- Dado el comportamiento lineal que tiene el Torque, algunos estudiantes pudieron predecir cuál sería el valor que registraría el dinamómetro antes de ponerlo en determinada posición de la barra del balancín.
- Se presentaron dificultades cuando el valor del Torque generado por la masa era muy grande ya que el dinamómetro sólo registraba un valor máximo de 10 N.

Módulo 3. Equilibrio Rotacional

Actividad 1. Los estudiantes hicieron uso de la regla cebra para lograr el Equilibrio Rotacional de manera intuitiva poniendo arandelas en las diferentes posiciones de la regla.



Los estudiantes pusieron arandelas en diferentes posiciones del balancín cebra para alcanzar el equilibrio. Con los valores propuestos en la actividad del módulo 3 evidenciaron situaciones de equilibrio y desequilibrio, y lanzaron hipótesis y predicciones que pudieron constatar experimentalmente.

Imagen 31. Equilibrio en la regla cebra.

Luego se propuso una tabla con diferentes opciones de manera que los estudiantes reconocieran y predijeran la situación de equilibrio o desequilibrio de la regla.

Observaciones después de la actividad:

- Los estudiantes tuvieron dificultades para encontrar el equilibrio ya que debían poner las arandelas en posiciones muy exactas para alcanzarlo.
- Argumentaron como causa de la dificultad para lograr el equilibrio la no uniformidad en el grosor de las arandelas; esto los obligaba a jugar con el cambio en las distancia para muy cuidadosamente encontrar el balance de Torques en la regla cebra.

En la actividad 2 se realizó una experiencia bastante sencilla utilizando dos globos desinflados y uno inflado. Un estudiante colgó dos globos desinflados en los extremos del balancín (ver fotografías). Luego se cambia uno de los globos por otro que está inflado con aire.

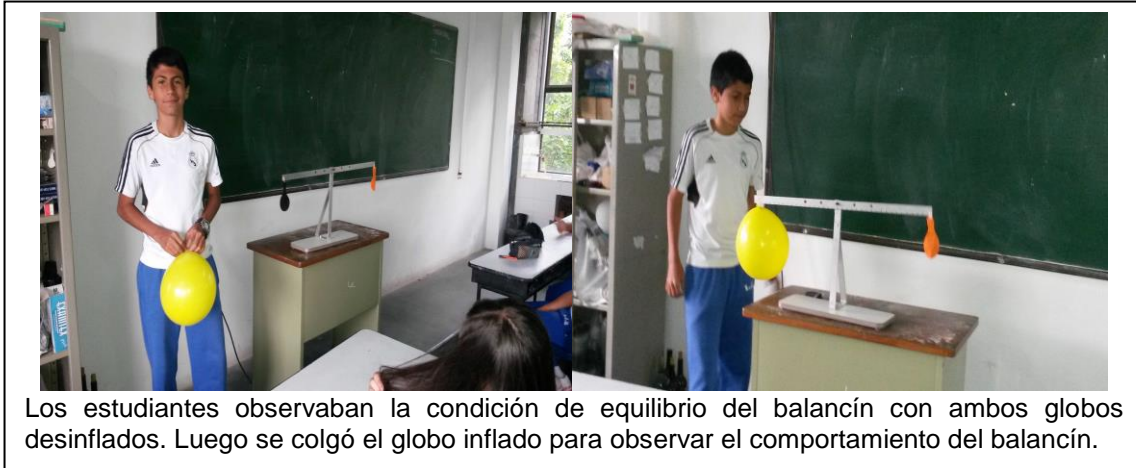


Imagen 32. Actividad “El aire pesa”.

Antes de soltar el globo inflado para ver el comportamiento del balancín, se hicieron varias preguntas al grupo de estudiantes que esperaba expectante lo que sucedería en esta experiencia: ¿Quedará en equilibrio el balancín? ¿Caerá hacia el lado del globo inflado? ¿Caerá hacia lado el globo desinflado? ¿Por qué?

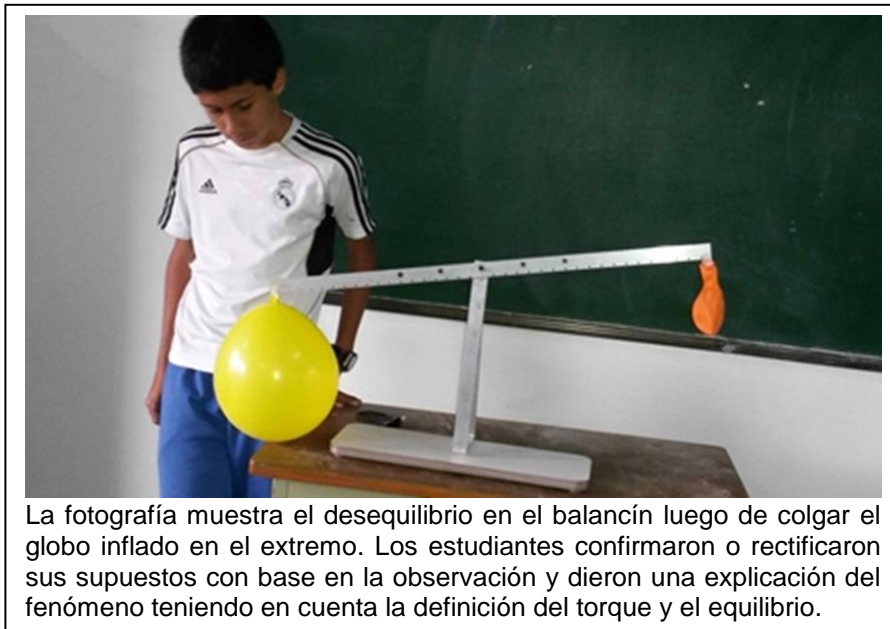


Imagen 33. Desequilibrio en el balancín.

Son muy interesantes las hipótesis y predicciones que surgieron de los estudiantes en esta actividad, entre las cuales se mencionan algunas:

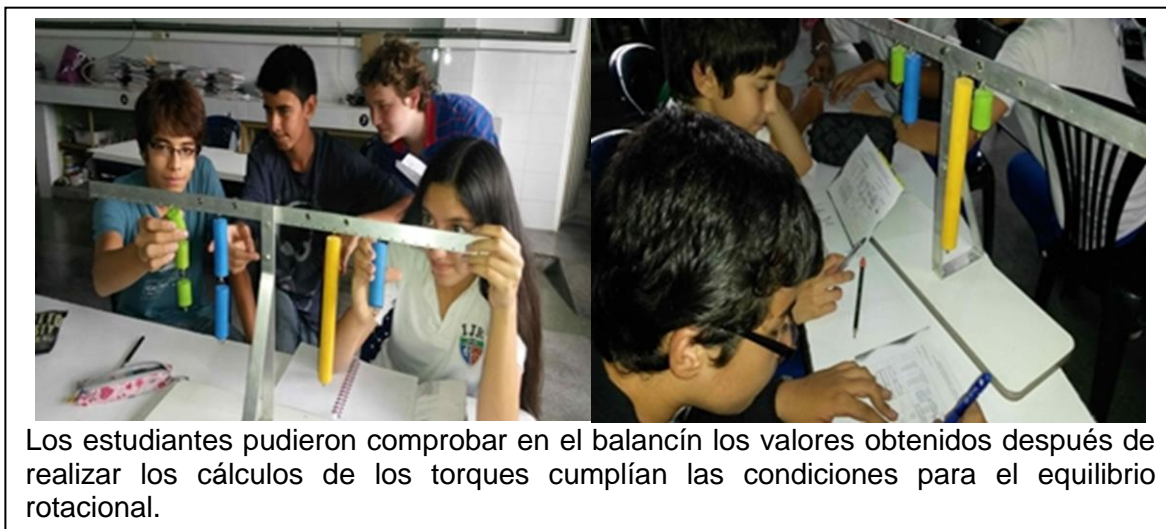
- *“El balancín quedará en equilibrio ya que el aire no pesa y el globo amarillo también está rodeado de aire”.*

- “El balancín se va a quedar quieto. Eso es igual a cuando usted va en un carro y cierra las ventanillas. El aire que queda atrapado no pesa entonces el carro queda con su mismo peso”.
- “El balancín se caerá para el lado del globo inflado porque el aire aunque es liviano pesa un poquito y está atrapado dentro del globo”.
- “Como el bióxido de carbono con el que se infló el globo pesa menos que el aire el globo intentará elevarse y balancín caerá para donde está el globo desinflado”.
- “Tal vez si se llenara con helio el globo se elevaría y desequilibra la barra”

Al finalizar la experiencia se obtuvieron las siguientes observaciones:

- Son muy interesantes las hipótesis propuestas por los estudiantes acerca del fenómeno. Pero al final reconocieron que el aire pesa, por tanto el globo inflado generaba un Torque mayor que el generado por el globo desinflado lo que ocasionó una situación de desequilibrio en el balancín.
- A partir de una experiencia sencilla se consigue la rectificación conceptual sobre el problema del peso del aire y su densidad.
- Un estudiante propuso esta experiencia como una solución para saber si un gas es más pesado o no que el aire.

En la actividad 3 los estudiantes utilizaron el balancín con las masas de 10 g, 20 g y 50 g). Se propuso una tabla con diferentes valores de fuerza y distancia para ambos brazos del balancín; en ella los estudiantes consignaban valores de fuerza o distancia para lograr el Equilibrio Rotacional. Posteriormente, los estudiantes hicieron uso del material didáctico para validar y comprobar sus resultados.



Los estudiantes pudieron comprobar en el balancín los valores obtenidos después de realizar los cálculos de los torques cumplían las condiciones para el equilibrio rotacional.

Imagen 34. Equilibrando pesos en el balancín.

INSTITUTO JORGE ROBLEDO – LABORATORIO DE CIENCIAS GRADO 7º
EQUILIBRIO EN EL BALANCÍN (EQUILIBRIO DE TORQUES) – SEMANA SEPT.22-SEPT.26

PROFESOR: FREDY PLATA DURACION DE LA ACTIVIDAD: 30-40 min

NOMBRE: Nicolás García Gil #9 GRUPO: B

#	LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO			EQUILIBRIO
	FUERZA	DISTANCIA	TORQUE	FUERZA	DISTANCIA	TORQUE	
1	10 gf	10 cm	100 gf·cm	10 gf	10 cm	100 gf·cm	SI
2	20 gf	10 cm	200 gf·cm	10 gf	20 cm	200 gf·cm	SI
3	60 gf	12 cm	720 gf·cm	30 gf	16 cm	480 gf·cm	NO
4	20 gf	8 cm	160 gf·cm	50 gf	4 cm	200 gf·cm	SI
	10 gf	12 cm	120 gf·cm		20 gf	4 cm	
5	50 gf	6 cm	300 gf·cm	10 gf	10 cm	100 gf·cm	SI
	60 gf	2 cm	120 gf·cm		20 gf	16 cm	
6	10 gf	40 cm	400 gf·cm	50 gf	12 cm	600 gf·cm	SI
	20 gf	30 cm	600 gf·cm		20 gf	20 cm	

$$\frac{720}{120} = \frac{320}{80}$$

$$\frac{160}{280} + \frac{20}{120} = \frac{50}{300}$$

$$\frac{50}{120} = \frac{30}{96}$$

Tabla de datos propuesta para la actividad en el balancín. Por medio de operaciones aritméticas sencillas los estudiantes encuentran los valores para equilibrar los torques en ambos brazos del balancín. En la esquina inferior izquierda se observan algunos de las operaciones matemáticas realizadas por el estudiante durante la actividad.

Imagen 35. Tabla de datos para la actividad en el balancín.

Observaciones después de la actividad:

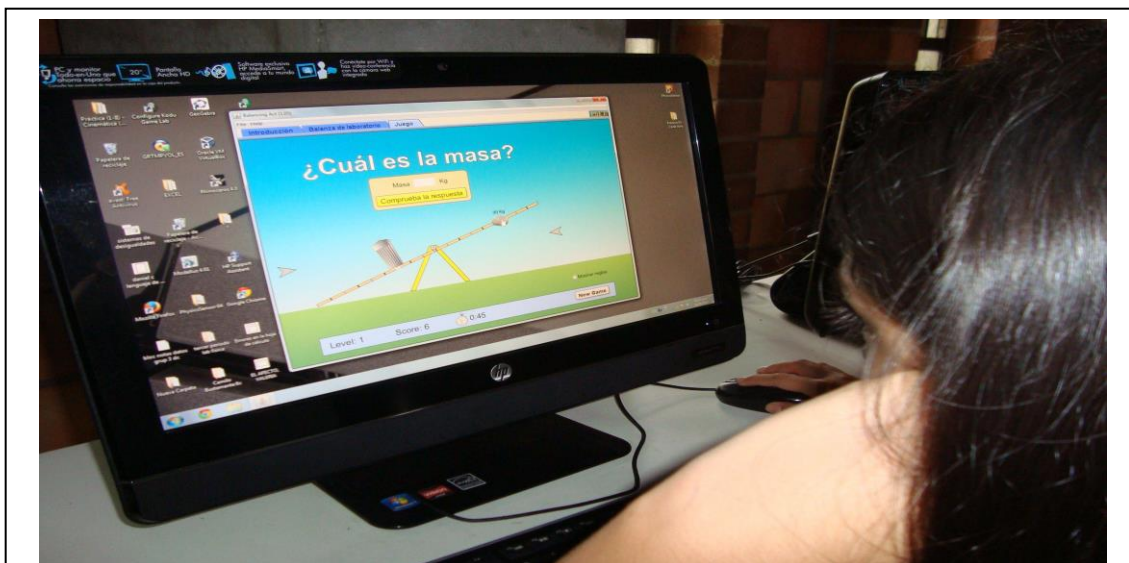
- Los estudiantes tuvieron dificultades al inicio de la actividad para comprender cuál era la finalidad y la funcionalidad de la tabla.
- Luego de una breve explicación no tuvieron dificultad para calcular los valores que debían consignar en la tabla.
- Los estudiantes tuvieron que calcular nuevamente los valores de peso o distancias para ajustarlos a valores que ellos pudieran manipular en el dispositivo.
- Muchos estudiantes infirieron reglas o leyes de proporcionalidad para calcular los valores que establecían condiciones de equilibrio y no necesitaron escribir cálculo alguno para ello.

Al final los estudiaron expresaron comentarios positivos acerca de la actividad, entre ellos:

- “Cuando utilicé el balancín pude entender mejor para qué se utilizaba la tabla de datos”.
- “Al principio no entendía, pero fue más fácil cuando puse los pesos en las distancias que yo había calculado para equilibrar la barra”.

- “Yo calculé unos valores de peso, pero no había masas con esos valores. Entonces volvía a calcular para poder utilizar las masas de 10 g, 20 g y 50 g”.
- “Yo en muchos casos hice mis cálculos mentalmente porque inventé una regla para hacerlo más fácil sin necesidad de escribir nada”.

En la última actividad propuesta en los módulos los estudiantes visitaron la sala de sistemas para utilizar el applet Balancing-act (software de uso libre desarrollado por la Universidad de Colorado). Se hizo una explicación corta sobre el uso del software y se presentaron los objetivos de la experiencia en los diferentes niveles que ofrece la aplicación.



La fotografía muestra a una estudiante del grupo experimental analizando la situación propuesta en la que se pregunta por el valor de masa que equilibra el balancín. Con ecuación sencilla puede encontrar el valor de masa que equilibra el sistema.



En las fotografías se muestran a los estudiantes del grado 7ºB interactuando con el Applet Balancing-Act. El applet contiene varias actividades que retan al estudiante a lograr el equilibrio en el balancín.

Imagen 36. Estudiantes utilizando el Applet Balancing-Act (Universidad de Colorado)

Observaciones durante la experiencia:

- Algunos estudiantes utilizaron la calculadora que tiene el sistema operativo para realizar operaciones matemáticas con números decimales, y así encontrar el valor de la masa o de la posición exigida en cada uno de los retos.
- Comentaron que había sido una de las actividades que más disfrutaron durante la intervención, porque se enfrentaron a distintos retos y al final obtenían una calificación sobre su desempeño en las pruebas.
- Muchos estudiantes solicitaron la asesoría del profesor en los primeros retos al dudar si era correcto trabajar con el valor de la masa o con el peso de los objetos. Cabe anotar que el applet presenta solo el valor de masa de los objetos y no su peso. Esto es un buen indicador ya que los estudiantes reconocieron que el Torque es función de una fuerza (peso) y no de una masa.
-

4.2 Análisis de la ganancia en el aprendizaje

Para el análisis de la ganancia en el aprendizaje se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- La escala de valoración institucional establecida en el Sistema Institucional de Evaluación Escolar (SIEE) del Instituto Jorge Robledo (Instituto Jorge Robledo, 2009).
- Los índices de ganancia normalizada (Factor de Hake) para los resultados generales del grupo experimental y para los resultados en cada una de las 3 categorías del pre-test y post-test.

4.2.1 Sistema Institucional de Evaluación Escolar SIEE

La escala de calificación numérica acogida por el SIEE (Instituto Jorge Robledo, 2009) va de 0,0 a 5,0, y establece un desempeño básico a partir de valores superiores a 3,0, calificación que corresponde a un 60% de las preguntas respondidas correctamente (9 respuestas correctas en el test).

Se presenta a continuación la tabla que contiene la cantidad de estudiantes y el número de preguntas correctas tanto en la prueba inicial (Pre-test) como en la prueba final (Post-test) en el grupo 7ºB del Instituto Jorge Robledo:

Nº RESPUESTAS CORRECTAS	Nº DE ESTUDIANTES PRE-TEST	Nº DE ESTUDIANTES POST-TEST
15	0	0
14	0	2
13	0	4
12	1	6
11	2	3
10	2	5
9	4	4
8	3	0
7	3	2
6	6	0
5	2	1
4	3	0
3	1	0
TOTAL	27	27

Tabla 2. Cantidad de estudiantes por número de respuestas correctas.

Según lo anterior, se tienen los siguientes resultados para el pre-test y el post-test:

- El pre-test lo aprueban 9 estudiantes (33,33%) y lo reprueban 18 estudiantes (66,67%).
- El post-test lo aprueban 24 estudiantes (88,89%) y lo reprueban 3 estudiantes (11,11%).

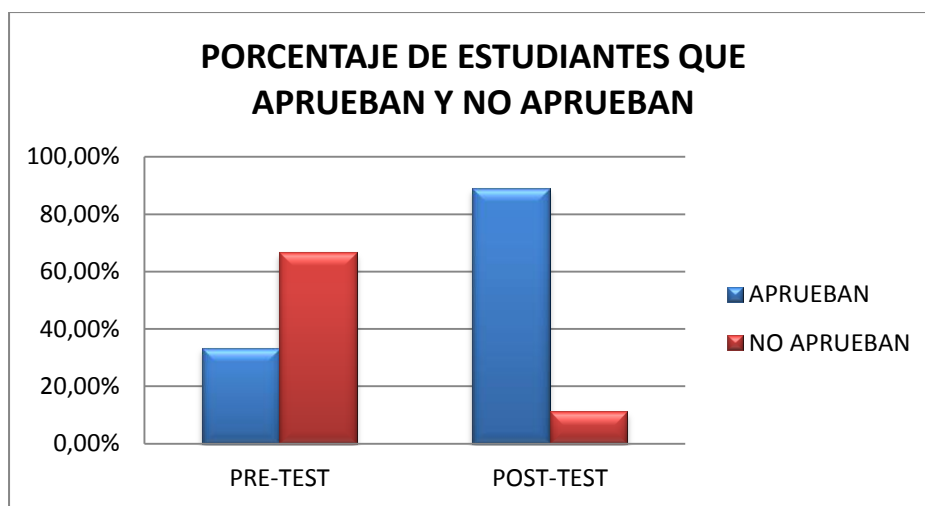


Figura 4. Porcentaje de aprobación en el pre-test y el post-test

En general, los resultados del post-test son satisfactorios al observar la cantidad de estudiantes que finalmente aprobaron la evaluación después de la intervención, lo que muestra a grandes rasgos una ganancia en el aprendizaje de los conceptos objeto de enseñanza en la propuesta.

Otro análisis interesante se deriva en la cantidad de preguntas respondidas correctamente por la totalidad de los estudiantes:

- En el pre-test: 194 respuestas correctas sobre un total de 405 preguntas (47,90%)
- En el post-test: 291 respuestas correctas sobre un total de 405 preguntas (71,86%)

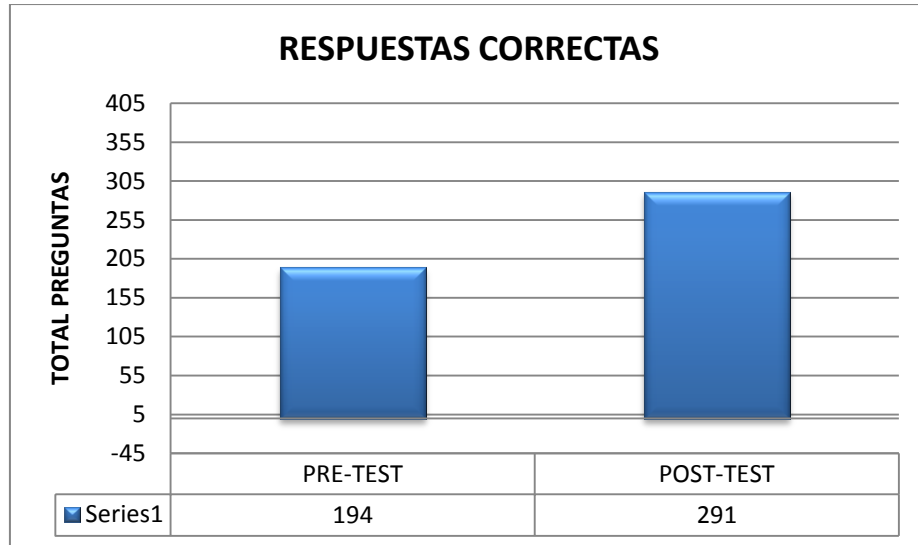


Figura 5. Número de respuestas correctas en el pre-test y el post-test.

Por categorías, los resultados en términos de porcentaje de respuestas correctas en el pre-test y el post-test arrojan los siguientes resultados:

Número de respuestas correctas en la categoría: conceptos físicos básicos:

- En el pre-test: 129 de 216 (49,61%)
- En el post-test: 160 de 216 (74,07%)

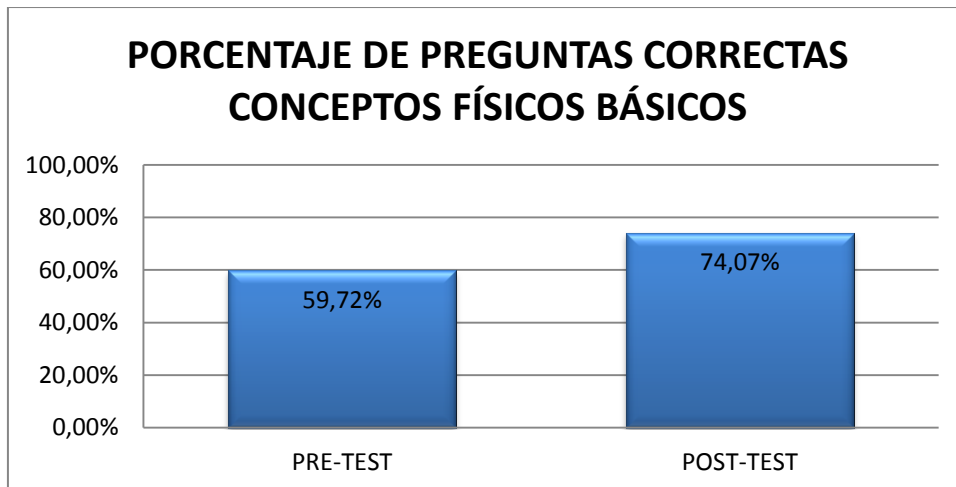


Figura 6. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Conceptos Físicos Básicos.

Número de respuestas correctas en la categoría: concepto Torque

- En el pre-test: 32 de 81 (39,50%)
- En el post-test: 62 de 81 (76,54%)

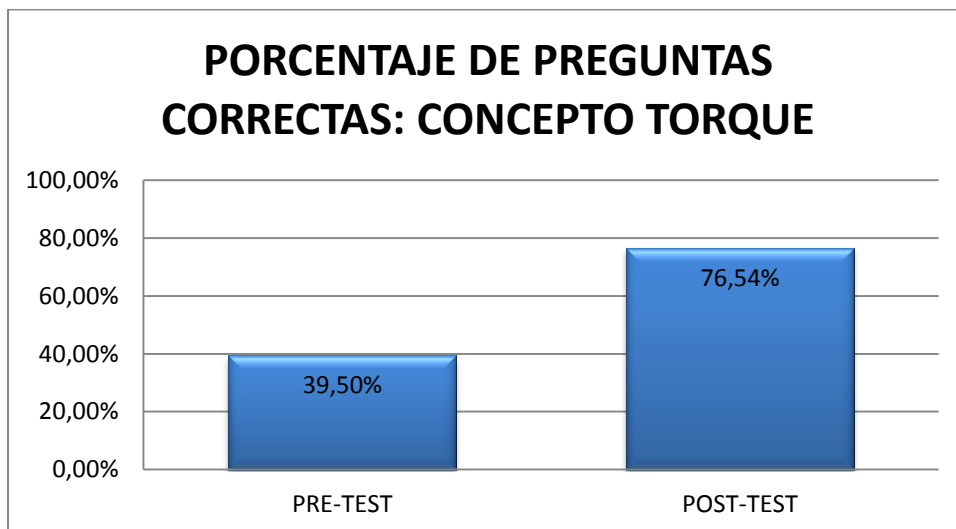


Figura 7. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Torque.

Número de respuestas en la categoría: concepto Equilibrio Rotacional

- En el pre-test: 33 de 108 (30,55%)
- En el post-test: 69 de 108 (63,89%)

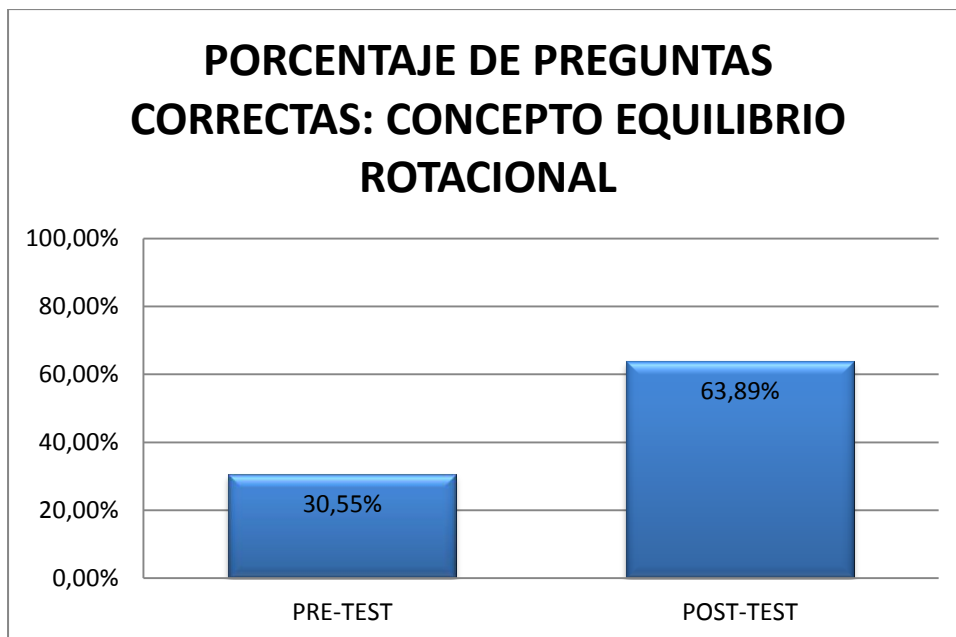


Figura 8. Porcentaje de respuestas correctas en la categoría Equilibrio Rotacional.

4.2.2 Índice de ganancia del aprendizaje por el factor de Hake

Se presenta inicialmente la tabla resumen con los índices de ganancia en cada una de las categorías y en la totalidad de la prueba. El factor Hake g es calculado con los valores promedio de respuestas correctas obtenidas por el grupo 7ºB, tanto en el pre-test como en el post-test.

CATEGORÍA	Nº PREGUNTAS CORRECTAS		ÍNDICE DE GANANCIA g
	PRE-TEST	POST-TEST	
CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS	4,78	5,93	0,36
TORQUE	1,19	2,30	0,61
EQUILIBRIO ROTACIONAL	1,22	2,56	0,48
TODAS LAS PREGUNTAS	7,19	10,78	0,46

Tabla 3. Resumen de los índices de ganancia

El índice de ganancia en el aprendizaje de los conceptos físicos básicos se ubica en el intervalo de ganancia media. Si bien el estado inicial en esta categoría muestra un nivel medio de conocimientos, se logra ganancia en el aprendizaje como resultado del uso de los organizadores previos y las actividades del módulo 1 que permitieron la reconciliación integradora de los conceptos fundamentales para la enseñanza del equilibrio: masa, peso y centro de masa. Sin embargo, es frecuente que algunos estudiantes presenten dificultades para establecer diferencias entre masa y peso.

En la categoría Torque se obtuvo el índice de ganancia en el aprendizaje más alto respecto a las demás categorías. Aunque el índice se ubica en el intervalo medio, debe considerarse que era la primera vez que se abordaba la enseñanza de este concepto. La enseñanza del Torque requiere de la incorporación de atributos más precisos y diferenciadores que los conceptos físicos básicos. Al establecer esta particularidad en el concepto Torque se presentó el proceso de diferenciación progresiva, la cual partió de la presentación de conocimientos más generales y más inclusivos, para llegar a conocimientos más diferenciados y específicos (Ausubel, 1978). Los estudiantes manifestaron la diferenciación progresiva cuando lograron establecer jerarquías en los nuevos conceptos llevando incluso a la modificación y reorganización de los conceptos previos.

El aprendizaje del concepto Equilibrio Rotacional obtuvo un índice de Hake ubicado en el intervalo medio. Es un resultado satisfactorio teniendo en cuenta que el desarrollo de las actividades demandó no sólo procesos de razonamiento mecánico y lógico, sino también el uso de operaciones matemáticas básicas para la solución de ecuaciones. Después de haber establecido los conceptos centro de masa y Torque en la estructura cognitiva del estudiante se presentó el Equilibrio Rotacional como un concepto que contiene una serie de atributos que abarcan a los conceptos anteriores, dando lugar a un aprendizaje de tipo

superordinado, donde la nueva información presentada se relacionó con la información existente dando lugar a una resignificación y reorganización de la misma, proceso llamado por Ausubel la reconciliación integradora (Ausubel, 1978).

4.2.3 Conclusiones de los resultados obtenidos:

El análisis estadístico cuantitativo de los resultados y de los valores obtenidos en los índices de ganancia aprendizaje (factor de Hake) da lugar a varias interpretaciones:

- El incremento porcentual en cada una de las categorías conceptuales propuestas en la prueba, y que fueron abordadas en el trabajo propuesto en cada uno de los módulos, se pueden interpretar como el afianzamiento de los conceptos básicos fundamentales que conllevaron al posterior aprendizaje de los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional.
- Un objetivo de la propuesta era evaluar el aprendizaje en los conceptos Torque y Equilibrio Rotacional. El concepto Torque tuvo estadísticamente un incremento en términos de porcentaje muy bueno, pasando de 39,50% a 76,54% lo que representa casi el doble de respuestas correctas en el post-test respecto al pre-test. La formalización matemática y conceptual del Torque acompañada de la actividad experimental, permitieron un buen nivel de aprendizaje en esta categoría. Los estudiantes comprenden ahora el significado físico del concepto contextualizado en situaciones de su vida cotidiana. Están en capacidad de predecir el comportamiento de un sistema rotacional a partir de la aplicación de una o más fuerzas en el sistema.
- Los resultados del aprendizaje del concepto Equilibrio Rotacional en términos cuantitativos es bueno, pasando de un 30,55% a un 63,89%, que representa más del doble de preguntas correctas en el post-test respecto al pre-test. No obstante, después de revisar los resultados de la prueba al final de la intervención, y el desempeño de algunos estudiantes en las actividades que exigían un tratamiento matemático, se observaron algunas dificultades que posiblemente no permitieron mejores porcentajes de ganancia en este ítem. Si bien la gran mayoría de los estudiantes evidencian el manejo conceptual para describir la situación que les permite establecer condiciones de equilibrio en un balancín, presentan dificultades a la hora de realizar operaciones matemáticas, especialmente en el despeje de ecuaciones sencillas, para encontrar los valores que cumplan tales condiciones.
- Los índices de ganancia calculados con el factor Hake muestran en términos generales resultados que se ubican en el rango medio de ganancia en el aprendizaje lo que representa aspectos positivos en la implementación de la propuesta de enseñanza porque mucha de la información era totalmente nueva para la mayoría de estudiantes, pero deja entrever aspectos por mejorar, que posiblemente permitirían alcanzar índices en el intervalo alto de la escala de ganancia, entre ellos: aumentar la intensidad horaria que permita un contacto más

frecuente con el material didáctico y las actividades a desarrollar; mejorar el diseño de los organizadores previos que anteceden la secuencia didáctica para adaptar de mejor manera el terreno sobre el cuál se sentará todo el conocimiento nuevo; mejorar el diseño de la prueba diagnóstica de modo que sean detectadas no sólo las dificultades relacionadas al tema de enseñanza, sino también en aspectos que sustentan un buen aprendizaje, como el nivel en el manejo de las herramientas matemáticas.

- El uso del material didáctico y las actividades experimentales propuestas despertaron el interés de los estudiantes y generaron su motivación por el aprendizaje de conocimientos nuevos. Un análisis estricto de lo cuantitativo puede pasar por alto los resultados positivos reflejados en el entusiasmo y expectativa de los estudiantes cuando tienen la oportunidad de validar sus hipótesis a través del contacto directo con los fenómenos por medio de la experimentación. Esta situación produjo dos efectos que favorecieron el aprendizaje: la satisfacción al confirmar que sus supuestos eran correctos (afianzamiento del conocimiento), y el descontento o desconcierto cuando sus supuestos no se ajustaron lo observado (cambio o modificación conceptual). Estos efectos positivos desde lo pedagógico, reflejan al final de la experiencia una ganancia no sólo en términos estadísticos, sino en una mejor disposición del estudiante frente al aprendizaje de la Física como una ciencia que puede abordarse de manera divertida desde lo experimental y lo cotidiano, pero que también tiene su sustento en la matemática.

4.2.4 Análisis de casos

Para complementar el análisis de resultados se seleccionaron tres estudiantes del grado 7ºB que fueron partícipes del proceso, para hacer un contraste de sus resultados antes y después de la intervención y discutir los factores que promovieron o dificultaron el aprendizaje. Se toman como referencia: el índice de ganancia individual (factor de Hake), su comportamiento durante la intervención y los testimonios expresados durante las entrevistas y socialización de las actividades.

Estudiante #1

Índice de ganancia en el aprendizaje: **0,83**

Nº RESPUESTAS CORRECTAS	PRE-TEST	POST-TEST
	9	14

Tabla 4. Número de respuestas correctas estudiante #1

Observaciones:

- Fue uno de los estudiantes del sexo masculino que obtuvo un nivel de aprendizaje en el intervalo alto en la escala del Factor de Hake.

- Desde la etapa de motivación mostró mucho interés por el conocimiento nuevo que se iba a presentar en el desarrollo de la propuesta.
- Fue muy observador y no se limitó únicamente a las actividades que se propusieron en los módulos, sino que introdujo variantes en la experimentación, por ejemplo unió varias figuras regulares para encontrar su centro de masa, intentó equilibrar elementos que no hacían parte del material didáctico (libros, lápices, reglas, etc.).
- Rápidamente logró establecer una ley que le permitía encontrar las condiciones del balancín y llegar a una regla general: *“Torques iguales a cada lado del balancín son igual a equilibrio”*
- Se ofreció en reiteradas ocasiones a participar de la actividad experimental.
- Consideró que la actividad más interesante fue el manejo del Applet Balancing Act ya que incluía retos con alto grado de dificultad.
- Un aspecto importante fueron sus propuestas en la actividad de equilibrio en el balancín en la cual los estudiantes debían proponer valores de fuerza que fueran múltiplos de 10 gf (gramos-fuerza); el estudiante propuso valores que no se ajustaban a ese requerimiento, por lo que no era posible verificar la condición de equilibrio en el balancín, pero que cumplían perfectamente la ley de equilibrio de Torques desde lo matemático.

Estudiante # 2

Índice de ganancia en el aprendizaje: **0,78**

Nº RESPUESTAS CORRECTAS	PRE-TEST	POST-TEST
		6

Tabla 5. Número de respuestas correctas estudiante #2

Observaciones:

- Estudiante del sexo femenino que merece un análisis especial gracias al esfuerzo y la emotividad que presentó durante la implementación.
- Expresó opiniones muy positivas acerca de la posibilidad de interactuar con el material didáctico para poner en práctica la teoría: *“me gustaron muchos las actividades porque hace más interactivas las clases y podemos ver aplicada la teoría”*.
- En el pre-test obtuvo sólo 5 preguntas correctas y en el post-test obtuvo 12 lo que muestra un índice ganancia alta en el aprendizaje según el Factor de Hake. Durante la presentación del pre-test mostró preocupación y frustración por no tener los elementos conceptuales suficientes para resolver algunas de las

preguntas. En el post-test fue muy cuidadosa en la solución de la prueba y fue notorio su alto grado de confianza.

- Calificó al material didáctico y los equipos como atractivos gracias al color y la facilidad en el manejo.
- La estudiante logró reconocer en situaciones cotidianas la presencia del Torque; entra ellas mencionó: *“al levantar cargas, agarrar los cubiertos al comer, masticar es ejercer un Torque”*.
- Establece claramente una ley para lograr el Equilibrio Rotacional en el balancín *“para equilibrar una masa con la mitad de su peso, hay que ponerla al doble de su distancia”*.

Estudiante # 3

Índice de ganancia en el aprendizaje: **0,17**

Nº RESPUESTAS CORRECTAS	PRE-TEST	POST-TEST
		3

Tabla 6. Número de respuestas correctas estudiante #3

Observaciones:

- Estudiante del sexo masculino que obtiene el índice de ganancia en el aprendizaje más bajo en el grupo. Teniendo en cuenta los parámetros del Sistema Institucional de Evaluación Escolar SIEE, el estudiante no aprobó ninguna de las dos pruebas.
- En la etapa de motivación el estudiante no mostró mucho interés en la propuesta, dejando entrever que no siente algún tipo de afinidad por las Ciencias Naturales. Adicionalmente, presentó dificultades para relacionarse con sus compañeros lo que dificultó su participación en actividades en las que el trabajo colaborativo fue fundamental para generar discusión y negociación.
- Sus resultados en la categoría conceptos físicos básicos no fueron satisfactorios, lo que indica que los conceptos ancla o conocimientos previos del estudiante eran débiles y no permitía relacionarlos deliberadamente con la nueva información, razón por la cual no fue posible entamar un red conceptual que facilitara el Aprendizaje Significativo.
- En la entrevista individual afirmó no haber disfrutado de ninguna de las actividades propuestas. Igualmente consideró como aspecto positivo el hecho de no tener que escribir sino más bien observar y jugar con el material didáctico.
- Este caso ejemplifica la situación en la cual una disposición negativa hacia el aprendizaje produce resultados poco satisfactorios. Es recomendable analizar con mayor profundidad cuáles aspectos de la fase de motivación y de las actividades

propuestas no despertaron el interés en el estudiante, ni generaron ningún tipo de expectativa o curiosidad por el nuevo conocimiento ofrecido en la propuesta de enseñanza.

- Se analiza este caso en particular porque confirma que el interés y la motivación son dos factores fundamentales que repercuten en el Aprendizaje Significativo en cualquier área del conocimiento.

4.3 Entrevistas

A continuación se presentan algunos de los testimonios recopilados a lo largo de la intervención, principalmente en la socialización después de cada actividad y en la entrevista escrita.

Sobre las dificultades que encontraron los estudiantes en las actividades experimentales:

¿Qué dificultades encontraste en las actividades experimentales desarrolladas?

La verdad, me confundí con peso y masa, newtons y kg, balanza y dinamómetro. ↗

- “No encontré muchas. Eran actividades fáciles”.
- “Cierta información que no recordaba sobre la medición del Torque”.
- “No recordar muchas cosas vistas el año pasado”.
- “Al principio fue difícil equilibrar el balancín, pero luego lo entendí mejor”.
- “Encontrar el centro de masa de algunos objetos”.

Sobre cuáles fueron las actividades experimentales que más les gustaron y por qué:

¿De las actividades propuestas cuál fue la que más te gustó?

La actividad en la sala de sistemas ya que con facilidad que la que me hizo comprender completamente todo el tema

- *“Cuando utilizamos un balancín gigante”.*
- *“En el balancín grande porque sentí que el Torque era muy fuerte o débil dependiendo de dónde se colgara la masa”.*
- *“Todas por el trabajo en equipo”.*
- *“Me gustó cuando fuimos a la sala de sistemas a usar la aplicación, porque me decía con el puntaje si había hecho bien los equilibrios”.*
- *“Encontrar el centro de masa de los palitos”.*
- *“La de la caña de pescar porque ese pez parecía que fuera a quebrarla”.*
- *“Buscar el centro de masa de las figuras. Fue divertido cuando pudimos equilibrarlas. Yo le mostré a mis papás como encontrar el centro de masa de la escoba de mi casa y les gustó mucho”.*

Sobre las aplicaciones o casos de la vida cotidiana en las que identifican la aplicación o efectos del Torque:

¿Cuáles consideras que son algunas aplicaciones o casos de la vida cotidiana en las que se aplica el torque?

Cuando los niños montan
mataculin, en las construcciones,
buscando el equilibrio.

- *“Cuando se usan las tijeras o cuando se usa un destornillador”.*
- *“Para abrir una lata o abrir una caja haciendo palanca”.*
- *“Al masticar algo, en una grúa”.*
- *“Toda acción en la que se necesite usar palancas”.*
- *“Cuando se hace fuerza con los pies en los pedales de una bicicleta”.*
- *“Para aflojar una tuerca o abrir una puerta, o en los mataculines”*

Sobre el trabajo realizado con el balancín para hacer las actividades de equilibrio:

- *“Me pareció agradable utilizar el balancín porque es una manera de no escribir pero poder interactuar con los pesos para lograr el equilibrio”.*
- *“Me gustó mucho porque es la manera más entendible de representar el equilibrio”*
- *“Este balancín fue el que me hizo comprender los cálculos que estaban en la tabla. No sabía que era tan fácil de hacer esto”.*
- *“Es muy colorido y porque no es una práctica usual en las casas y se aprende mucho más”.*
- *“Es mucho más entretenido realizarlo uno mismo o verlo de verdad que escribir la teoría en un cuaderno”.*

Sobre una ley con la cual podrían establecer la condición de equilibrio en un balancín:

Después de realizar las actividades en el balancín, escribe una ley o teoría acerca de cómo lograr el equilibrio en el balancín.

*Si tengo una masa de 2 kg
a 2 distancias del centro, lo puedo
equilibrar con una de 1kg a 4 distancias*

- *“Para equilibrar un balancín hay que ejercer Torques iguales en ambos lados”.*
- *“Se puede lograr por lógica sin hacer cálculos matemáticos”.*
- *“Si un objeto con peso X está ubicado a 6 unidades, y otro objeto pesa el doble, hay que ubicarlo a 3 unidades”*

Finalmente se presenta un mapa conceptual producto de la construcción colectiva con los aportes y discusiones de los estudiantes. Cabe resaltar que era la primera vez que los estudiantes construían un mapa conceptual por lo que se hizo necesaria una corta explicación acerca del tema:

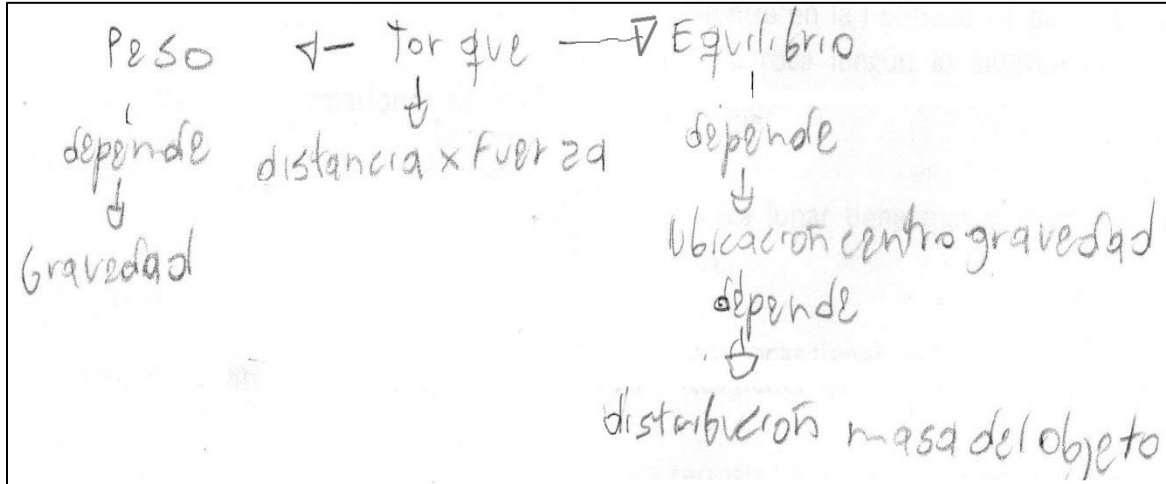


Imagen 37. Mapa conceptual sobre el Torque y el Equilibrio Rotacional.

Observaciones:

- Los estudiantes disfrutaron del trabajo en equipo y colaborativo promovido en las actividades experimentales, que a su vez dieron lugar a discusiones y acuerdos sobre los resultados obtenidos teniendo como punto de partida sus supuestos. La contrastación entre sus hipótesis y lo observado fue importante para la validación de sus saberes previos o para la modificación conceptual.
- Lograron enunciar leyes de proporcionalidad para establecer las condiciones de equilibrio en el balancín. Esto que ellos llamaron lógica en algunas ocasiones, no es más que la matematización inconsciente de la Ley de Equilibrio de los Torques que finalmente, en la gran mayoría de los casos, dio como producto de aprendizaje las relaciones de proporción que involucraron datos numéricos.
- Relacionaron los conceptos físicos básicos con los conceptos más específicos y particulares objeto de enseñanza y aprendizaje de esta propuesta.
- En el mapa conceptual se observa la apropiación de los conceptos para establecer relaciones y definiciones, algunas de ellas acertadas, otras no. Relacionaron el equilibrio con un asunto fundamental, la ubicación del centro de gravedad del sistema, que a su vez depende de la distribución de masa del objeto (conceptos trabajados en el módulo 1 cuya intención era crear la estructura o red conceptual necesaria para los conceptos nuevos que se presentarían en los módulos posteriores). Hicieron una asociación del Torque con el peso del objeto
- Los estudiantes dieron mucha importancia a la actividad experimental ya que dio continuidad al proceso iniciado con los organizadores previos que fundamentaron aspectos conceptuales (que ellos llamaron teoría). La experimentación también permitió hacer una asociación entre la teoría y lo que sucede en sus vidas cotidianas.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La prueba diagnóstica previa realizada al inicio de la intervención dio en gran medida cuenta del estado cognitivo de los estudiantes respecto a los conocimientos físicos básicos necesarios para dar soporte a los saberes nuevos objeto de enseñanza de la propuesta. Si bien la prueba no es estandarizada, procuró la evaluación del manejo conceptual, del análisis de situaciones problema y del dominio de operaciones matemáticas sencillas. Fue una herramienta fundamental para la organización de los contenidos y las actividades a implementar. Del análisis de los resultados del diagnóstico se desprendió la planificación de la fase de motivación y el diseño de los organizadores previos cuya intención era fortalecer los conceptos débiles y establecer una estructura cognitiva que permitiera relacionarla con la nueva información.

La incorporación de material didáctico diseñado para la intervención rindió resultados positivos a la hora de evaluar la ganancia en el aprendizaje, ya que no solo fue intermediario entre el estudiante y los fenómenos, sino que logró despertar la curiosidad y el interés por descubrir que había detrás de la propuesta experimental. Adicionalmente dio lugar a la manipulación intencionada de variables, dando como resultado la observación y análisis de las consecuencias que al final permitió la predicción, comprobación de hipótesis y establecimiento de relaciones y leyes que explicaran de una manera más formal lo ocurrido en las experiencias.

La actividad experimental constituye uno de los factores más importantes en la enseñanza de las Ciencias Naturales ya que desarrolla destrezas en procedimientos y habilidades científicas, desde las más básicas, como el uso de equipos, la medición, el tratamiento de información (datos), etc., hasta otras más complejas como la investigación. La actividad experimental debe trascender la enseñanza de definiciones o la repetición de conceptos; para eso sólo bastarían los libros. Es necesaria una reorientación de la actividad experimental hacia el tratamiento de situaciones problemáticas que despierten el interés del estudiante y que puedan ser contextualizadas en su vida cotidiana.

Los índices de ganancia del grupo experimental dan cuenta del logro de los objetivos establecidos en cada una de las categorías propuestas, teniendo en cuenta los antecedentes poco favorables en referencia a la formación en conceptos físicos básicos y la escasa experiencia en actividades experimentales. No obstante, se evidenciaron dificultades en algunas actividades que involucraban procedimientos matemáticos.

Para Ausubel la concepción de aprendizaje hace referencia a un proceso de construcción de conocimientos nuevos a partir de los que se han adquirido previamente, y no por simple transmisión y acumulación de información. Es así como la proposición “*el equilibrio se logra cuando se igualan los Torques en cada brazo del balancín*” tuvo significado para aquellos individuos que tenían en su estructura cognitiva algún grado de

conocimiento en conceptos como masa, peso y centro de gravedad. Por tanto se aseguró la retención de los conocimientos nuevos cuando los estudiantes lograron establecer logra una relación esencial y deliberada de éstos, con otros conceptos con un mayor grado de particularidad como el Torque y el Equilibrio Rotacional.

En términos generales la propuesta generó un impacto positivo en los estudiantes, reflejado en:

- La emotividad y el interés por participar en las actividades propuestas.
- El riesgo que tomaron al exponer sus hipótesis sin temor a equivocarse.
- Los comentarios positivos sobre el material didáctico cuando hicieron referencia a su estética y la facilidad del manejo.
- El disfrute del trabajo en equipo que fomentó la discusión, la negociación y la conciliación.

5.2 Recomendaciones

Es importante considerar dentro de la fase diagnóstica, no sólo el estado de la estructura cognitiva del estudiante, sino también cuáles son sus expectativas e intereses; incluso evaluar su estado emocional y sus relaciones sociales. Los índices de ganancia en el aprendizaje más bajos fueron obtenidos por estudiantes que tuvieron un bajo grado de compromiso con las actividades, originado en su desinterés por la asignatura y en la dificultad para relacionarse con sus pares. Situación que contrasta con los resultados positivos de aquellos estudiantes que mostraron una muy buena disposición durante la intervención, sumada a su actitud crítica y reflexiva; aspectos que conllevaron a un mejoramiento en sus procesos de pensamiento que redundó en la ganancia en el aprendizaje.

Para la actividad experimental es importante considerar el diseño de prácticas que den pie a la intervención de factores externos y de azar que pueden afectar el fenómeno, o que se permita cambiar intencionalmente las condiciones “normales” de la experimentación. Así, los estudiantes podrán observar sus consecuencias y de este modo hacer predicciones que pueden ajustarse mejor a los resultados que se obtienen en la fase experimental.

La elaboración del material que va a presentarse a los estudiantes debe ser potencialmente significativo y tener significado lógico, es decir, que pueda relacionarse con las ideas previas existentes en sus estructuras cognitivas. Por tanto el aprendizaje de conceptos de la Física más específicos y diferenciados como el equilibrio, la aceleración, la fuerza, el torque, etc., requiere que el estudiante tenga en su estructura cognitiva conceptos subsumidores (como masa, distancia, peso, etc.) que doten de significado a los nuevos conocimientos, que posteriormente se convertirán en subsumidores más potentes para futuros aprendizajes. De ahí la importancia de implementar organizadores

previos como agentes reactivadores de conocimientos débiles que precisen refuerzo, para que se conviertan en conceptos inclusores que faciliten su relación con la nueva información.

Desde esta perspectiva es importante que el profesor de Ciencias tenga una formación sólida en su disciplina y sus contenidos conceptuales, así podrá organizar y ajustar de mejor manera la enseñanza del curso, de modo que pueda diseñar e incluir estrategias didácticas y metodológicas que promuevan el Aprendizaje Significativo en sus estudiantes. Igualmente el profesor tiene como reto conceder a su propuesta experimental un carácter diferenciador, que propenda por el desarrollo del pensamiento científico de los aprendices en procura de un acercamiento a la verdad.

A. Anexo: Pre-test y Post-test



INSTITUTO JORGE ROBLEDO



PRETEST SOBRE CONCEPTOS BÁSICOS DE CIENCIAS NATURALES (FÍSICA) GRADO 7º
(Masa, peso, fuerza, centro de masa, Torque y equilibrio)

NOMBRE: _____ GRUPO: _____

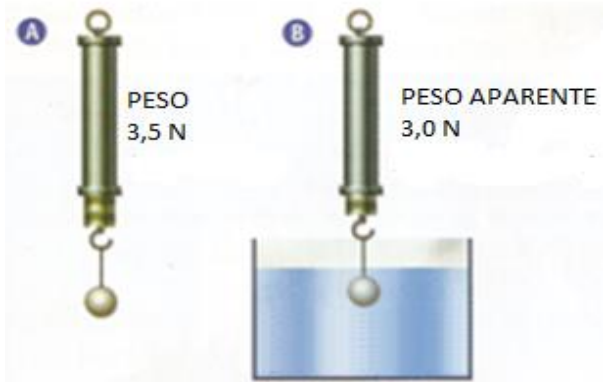
Profesor: Fredy Plata

Duración de la prueba: 45 minutos

LEE CUIDADOSAMENTE LOS ENUNCIADOS Y ENCIERRA EN UN CÍRCULO LA RESPUESTA QUE CONSIDERAS CORRECTA:

- ① Para medir el peso de un cuerpo se debe utilizar:
- A. Una balanza B. Un termómetro
C. Un dinamómetro D. Un densímetro
- ② La unidad de medida utilizada para medir el peso de los cuerpos es:
- A. El Newton (N)
B. El kilogramo (kg)
C. El gramo (g)
D. El centímetro cúbico (cm³)
- ③ La cantidad de materia que constituye un objeto hace referencia a su:
- A. Densidad B. Masa
C. Peso D. Volumen
- ④ Una de las siguientes afirmaciones no está relacionada con el peso:
- A. Es la fuerza con la que la Tierra atrae a los objetos.
B. No es una propiedad característica de los objetos.
C. Depende del lugar en el que está situado el objeto.
D. Se mide con la balanza.
- ⑤ Un balón de fútbol es llevado a la Luna. En estas condiciones es cierto que el balón:
- A. Pesa mucho más en la Luna que en la Tierra ya que la Luna no tiene atmósfera.
B. Pesa mucho menos en la Luna que en la Tierra ya que el valor de masa del balón disminuye cuando es llevado a la Luna.
C. Es menos pesado en la Luna que en la Tierra ya que la gravedad lunar es menor que la gravedad terrestre.
D. Pesa mucho más en la Luna que la en la Tierra ya que la gravedad lunar es mayor que la gravedad terrestre.
- ⑥ Dos científicos realizan un experimento para medir el peso de dos rocas. El primer científico se encuentra en la Tierra y obtiene un peso de 30 N para la roca terrestre. El segundo científico se encuentra en la Luna y obtiene un peso de 30 N para la roca lunar. Según lo anterior es cierto afirmar que:
- A. La roca lunar tiene mayor masa que la roca terrestre.
B. Ambas rocas tienen igual valor de masa.
C. La roca terrestre tiene mayor masa que la roca lunar.
D. La roca terrestre tiene mayor peso que la roca lunar.

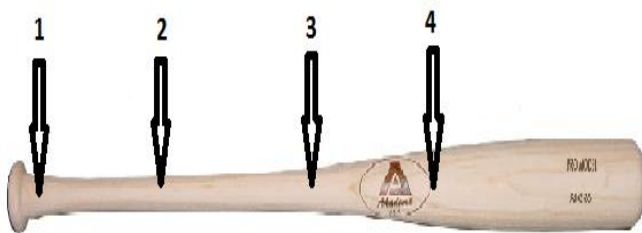
⑦ Al medir el peso de un objeto con un dinamómetro se obtiene 3,5 N. El peso aparente del objeto al ser sumergido en agua es 3,0 N.



Según lo anterior es cierto que:

- A. La masa del objeto disminuye por tanto su peso dentro del agua es menor.
- B. Dentro del agua no existe la gravedad por eso el objeto pesa menos.
- C. El peso del objeto dentro del agua es menor porque la gravedad dentro del fluido es menor.
- D. El agua ejerce una fuerza de empuje ascendente sobre el objeto y esto hace que el peso real disminuya.

⑧ La figura muestra un bate de béisbol. ¿Cuál de las flechas indica la ubicación aproximada del centro de masa del bate?

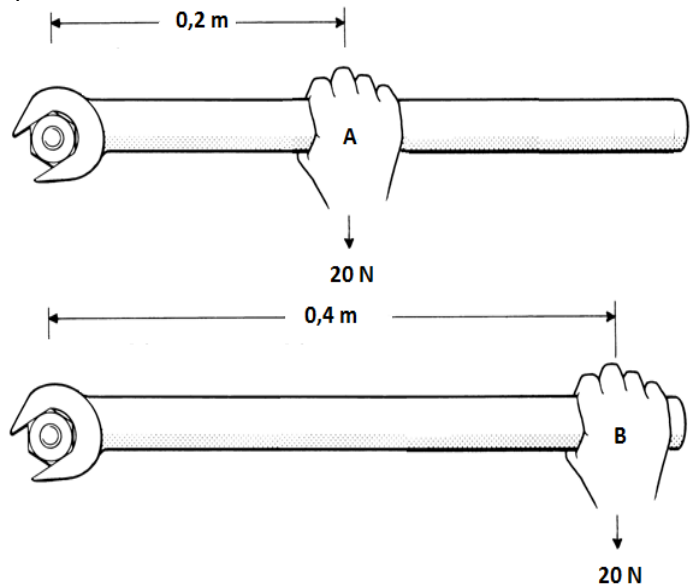


- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

⑨ El Torque o momento de fuerza se define como:

- A. La cantidad de masa que se ubicada a determinada distancia de un punto de giro.
- B. La medida de la capacidad que tiene una fuerza para producir un giro o rotación de un sistema alrededor de un punto.
- C. La distancia a la cual se aplica una fuerza desde un punto de rotación o giro.
- D. El peso que tienen los objetos por efecto de la gravedad terrestre.

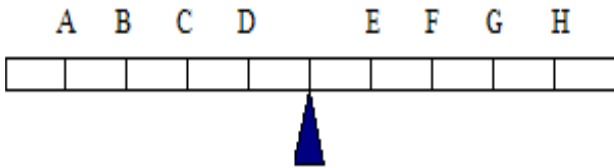
⑩ Dos personas A y B utilizan una llave para aflojar una tuerca. La persona A aplica una fuerza de 20 N a una distancia de 0,2 m, mientras que la persona B aplica una fuerza de 20 N a una distancia de 0,4 m.



Según la situación anterior es cierto que:

- A. Ambas personas aplican el mismo Torque ya que aplican el mismo valor de fuerza para aflojar la tuerca.
- B. El Torque aplicado por la persona A es mayor que el aplicado por la persona B.
- C. El Torque aplicado por la persona B es mayor que el aplicado por la persona A.
- D. La fuerza aplicada por la persona B es mayor que la aplicada por la persona A.

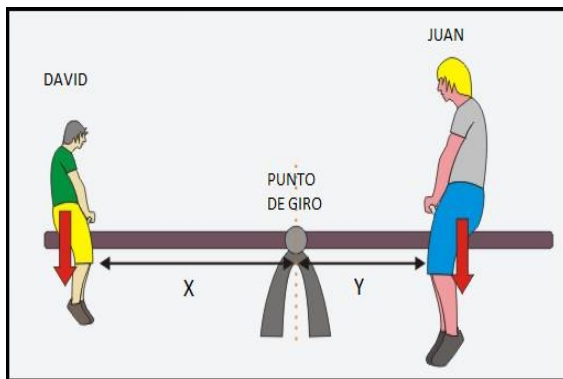
⑪ La figura muestra una barra uniforme dividida en segmentos iguales cuyo centro de masa está apoyado exactamente sobre el soporte:



De las opciones siguientes, la que menor Torque ejercería en el sistema es:

- A. Una masa de 1 kg en el punto H
- B. Una masa de 2 kg en el punto D
- C. Una masa de 4 kg en el punto F
- D. Una masa de 7 kg en el punto E

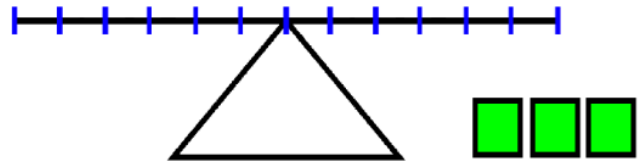
⑫ La figura muestra a David y a Juan montados en un balancín de brazos iguales que se encuentra en Equilibrio Rotacional. Juan tiene el doble de peso que David.



Una de las siguientes condiciones mantendrá la condición de equilibrio en el balancín:

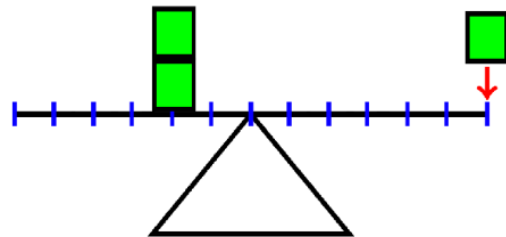
- A. Que David se mueva a la mitad de la distancia X y que Juan se mueva a la mitad de la distancia Y.
- B. Que ambos se muevan a sus respectivos extremos del balancín.
- C. Que Juan se mueva a la mitad de la distancia Y, y que David no se mueva de su posición.
- D. Que David se mueva a la mitad de la distancia X, y que Juan se mueva hasta el extremo del balancín.

⑬ La figura muestra un balancín dividido en segmentos iguales, y tres bloques, todos ellos de igual tamaño e igual peso.

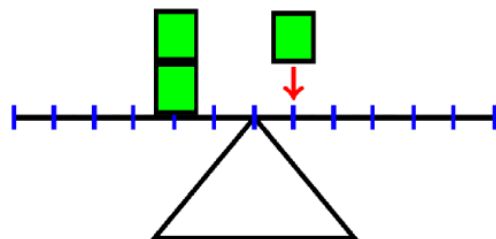


En el lado izquierdo del balancín se ponen dos bloques uno encima del otro en la posición mostrada en la figura. La opción que muestra la posición en la cual debe ponerse el bloque en el lado derecho para equilibrar el balancín es:

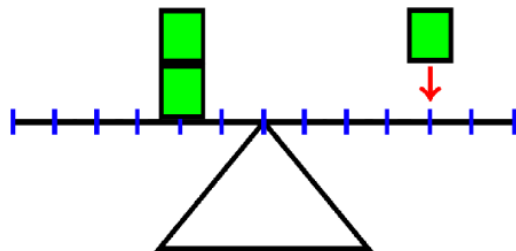
A.



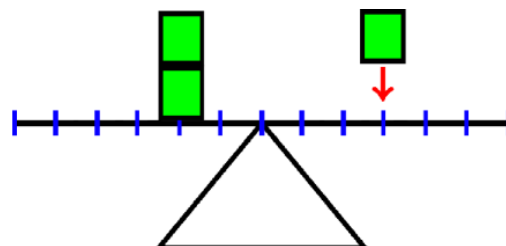
B.



C.



D.



B. Anexo: Módulo 1: el centro de masa



INSTITUTO JORGE ROBLEDO



LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES GRADO 7º

MODULO 1. EL CENTRO DE MASA

INTEGRANTES:

1.
2.
3.
4.

OBJETIVO GENERAL:

Determinar experimentalmente el centro de masa de objetos sencillos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir qué es el centro de masa de un cuerpo o sistema.
- Determinar el centro de masa de objetos de geometría lineal.
- Determinar el centro de masa de figuras planas regulares e irregulares.
- Comprobar la condición de equilibrio cuando un objeto se soporta en su centro de masa.

Preguntas orientadoras:

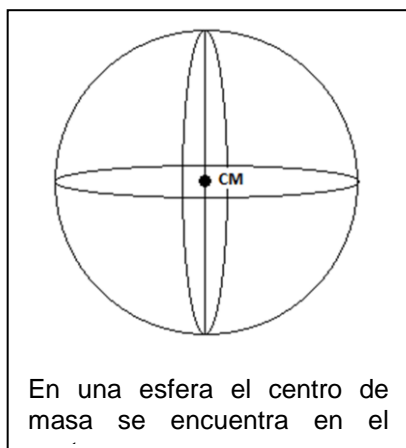
- ¿Se encuentra el centro de masa de una figura plana en el centro geométrico?
- ¿Qué utilidad tiene encontrar el centro de masa de un objeto?

INTRODUCCIÓN

El término **centro de masa** se utiliza para representar el punto único de un objeto o un sistema en el cual se considera que está concentrada toda su masa. De esta manera si el cuerpo se apoyara sobre este punto permanecería en equilibrio. La ubicación del centro de masa de un objeto depende de su geometría y de su densidad. La posición del centro de masa cambia si la densidad del objeto es uniforme (homogéneo) o si su densidad no es uniforme (no homogéneo).

Cabe advertir que el centro de masa no siempre corresponde con un punto de masa determinado del cuerpo. Si se trata de un balón de fútbol, por ejemplo, su centro de masa no pertenecerá al objeto.

En el caso del ser humano el centro de masa se encuentra en la pelvis aproximadamente en el hueso sacro, siendo este punto un poco más bajo en las mujeres que en los hombres ya que la masa pélvica y de sus muslos es mayor en ellas que en los varones.



ACTIVIDAD 1. DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE MASA DE OBJETOS LINEALES

TIEMPO DE DURACIÓN: 10 minutos

MATERIALES Y EQUIPOS

- Varitas de maderas homogéneas y no homogéneas.
- Dos varillas de metal (o madera) de diámetro pequeño.
- Regla
- Dos balanzas digitales

- Hoja de papel
- Lápiz

MÉTODO 1:



Toma las dos varillas de metal (puede utilizar sus dedos índices) una en cada mano. Sobre las dos varillas pones la varita de madera a la cual deseas encontrar el centro de masa. Desliza simultáneamente lentamente cada una de las varillas de manera que traten de encontrarse hasta tocarse.



Cuando encuentres el lugar donde ambas varillas entren en contacto has encontrado el centro de masa de la varita de madera. Márcalo y trata de ponerlo en el soporte de manera que se equilibre y así verificar si corresponde aproximadamente al centro de masa del objeto.



En la siguiente tabla dibuja un punto en el lugar aproximado donde encuentraste el centro de masa de cada una de las varitas. De acuerdo con lo observado en la experiencia, marca con X si consideras que la varita es homogénea o no homogénea.

		HOMOGENEA	NO HOMOGENEA
VARITA #1			
VARITA #2			

ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN EL CENTRO DE MASA DE FIGURAS PLANAS REGULARES E IRREGULARES

TIEMPO DE DURACIÓN: 30 minutos

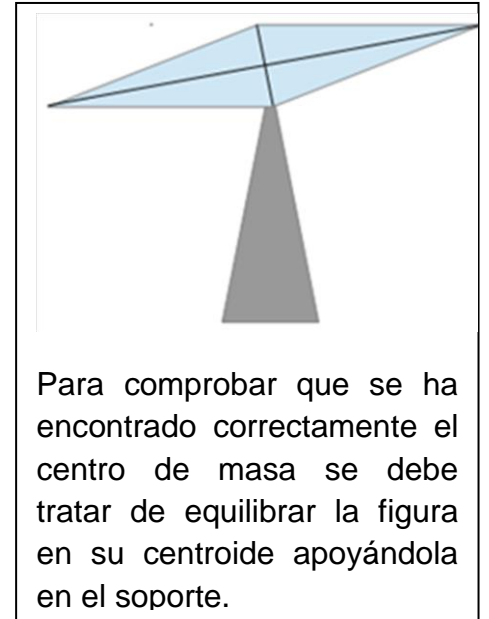
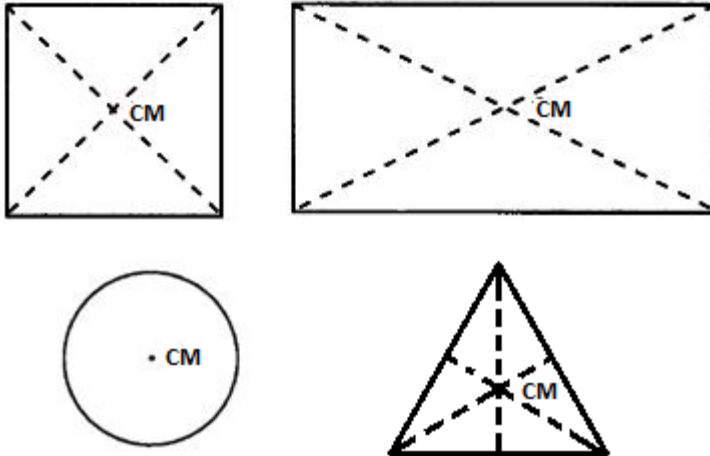
MATERIALES Y EQUIPOS

- Piezas de cartón de forma regular e irregular.
- Plomada (construida con hilo y una tuerca)
- Puntillas
- Lápiz
- Regla
- Soporte universal
- Tabla de madera

MÉTODO PARA FIGURAS PLANAS REGULARES

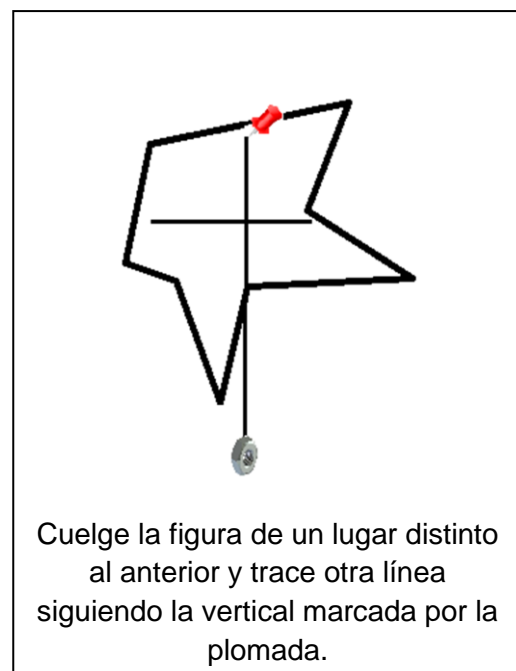
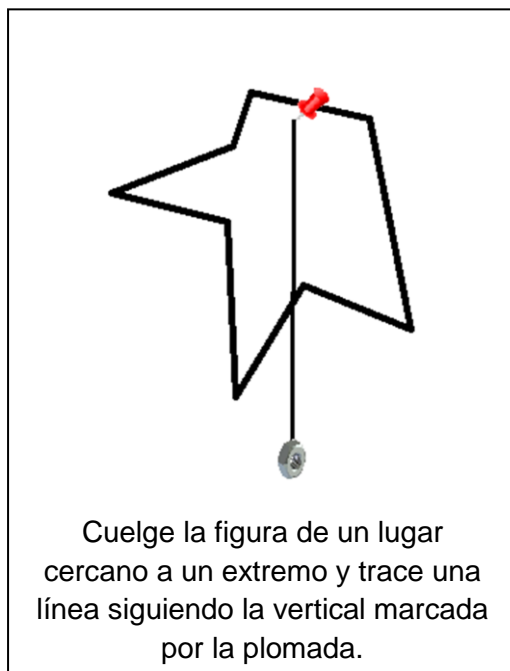
El centroide de una figura geométrica plana regular está ubicado en su centro geométrico. El centro geométrico de las figuras planas regulares es el lugar donde se encuentra el centro de masa siempre que la figura sea homogénea, es decir que su densidad sea uniforme. Además debe cumplirse que exista simetría en la figura geométrica.

Para hallar el centro de masa de las figuras regulares debemos encontrar el centroide. Para esto se deben trazar líneas que dividan la figura en partes iguales o simétricas.

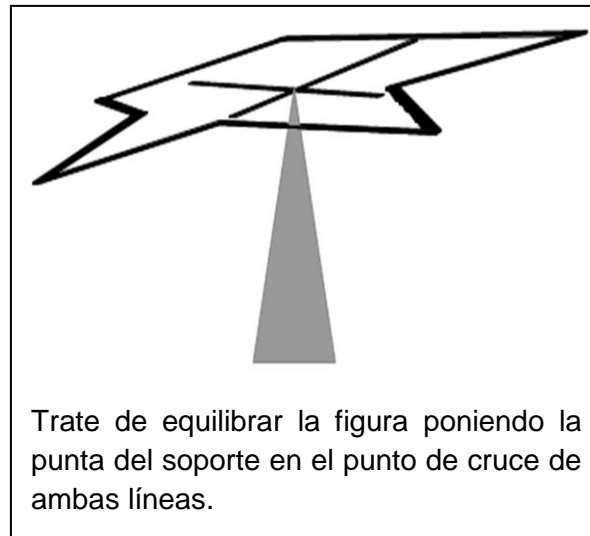


MÉTODO PARA FIGURAS PLANAS IRREGULARES

Se recortan trozos de cartón con figuras regulares (cuadrado, círculo, etc.) e irregulares. La figura a la cual se va a encontrar el centro de masa se debe suspender en una puntilla en un lugar cercano al borde. La puntilla debe tener atada una plomada (construida con una tuerca y hilo). Se debe trazar sobre la figura la línea vertical formada por el hilo de la plomada la cual apunta hacia el centro de la Tierra. Ahora se debe repetir el mismo procedimiento pero suspendiendo la figura desde un lugar distinto al anteriormente seleccionado, de manera que las líneas trazadas se corten en un punto común.



El punto donde las dos líneas se cortan corresponde al centro de masa del objeto. Para comprobar si el punto encontrado corresponde al centro de masa del objeto, se debe soportar la figura en una delgada varilla de madera vertical buscando que quede equilibrada.



CUESTIONARIO

¿Dónde se encuentra el centro de masa en un cuerpo regular y homogéneo?

¿Por qué consideras que en la varita #2 el centro de masa no está exactamente en la mitad?

¿Qué sucede cuando un objeto plano se intenta soportar en lugar distinto a su centro de masa?

Explica por qué el centro de masa del hombre no coincide con el centro de masa de la mujer.

C. Anexo: Módulo 2: el Torque o momento de fuerza



INSTITUTO JORGE ROBLEDO



LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES GRADO 7º

MODULO 2. TORQUE O MOMENTO DE FUERZA

INTEGRANTES:

1.
2.
3.
4.

OBJETIVO GENERAL:

Definir el concepto Torque o momento de fuerza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evidenciar los efectos del Torque en sistemas físicos sencillos.
- Calcular Torques a partir de la distancia y el peso o fuerza aplicada desde el punto de giro.

Preguntas orientadoras:

- ¿A qué se denomina momento de una fuerza o Torque?
- ¿Será el resultado de la acción de una fuerza independiente del lugar de aplicación en un sistema físico?

INTRODUCCIÓN

La rotación es la acción de un cuerpo de girar sobre un punto de giro. Las aplicaciones del movimiento rotacional son innumerables: abrir una puerta, el girar de las hélices de un avión, el rodar de las llantas de un auto, el pedaleo en una bicicleta, etc. La rotación es producida por una fuerza que se aplica bajo ciertas condiciones.

Se entiende por Torque o momento de una fuerza a la medida de la tendencia de una fuerza para producir una rotación de un cuerpo rígido. El Torque τ está dado por el producto de la fuerza F por la distancia perpendicular d al eje de rotación llamada también brazo de la palanca:

$$\tau = F \cdot d$$

En la vida cotidiana cuando se aprieta un tornillo o una tuerca con una llave se está aplicando un Torque. El Torque y la fuerza están directamente relacionados. Cuando la persona aplica una fuerza de gran magnitud más se ajusta el tornillo. Pero no solamente la magnitud de la fuerza hace la diferencia. Cuanto más distante del punto de giro se aplique la fuerza más Torque aplicará y por consiguiente más se ajustará el tornillo.



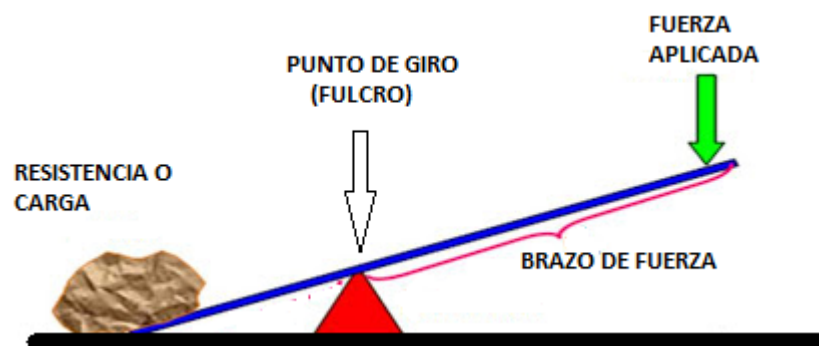
De acuerdo con lo anterior el Torque relaciona la fuerza aplicada con la distancia al punto de giro o rotación. Esta distancia es llamada **brazo de momento**.

Otra aplicación cotidiana del Torque se presenta cuando se pedalea en una bicicleta. Cada vez que el pie empuja uno de los pedales se aplica una fuerza a determinada distancia del punto de giro.



El Torque generado en los pedales es transmitido a la rueda trasera través de la cadena; de esta manera se produce el movimiento de la bicicleta. A mayor fuerza aplicada en el pedal, mucho mayor será el Torque.

Una palanca es una máquina simple cuya finalidad es vencer una resistencia. Basan su principio de funcionamiento en la aplicación de Torques. En el caso de las palancas de primer grado, que tienen el punto de giro (también llamado FULCRO) entre la resistencia y la fuerza aplicada, se producen movimientos rotacionales como consecuencia de la aplicación de Torques.



ACTIVIDAD 1. ¿FUE UNA BUENA PESCA?

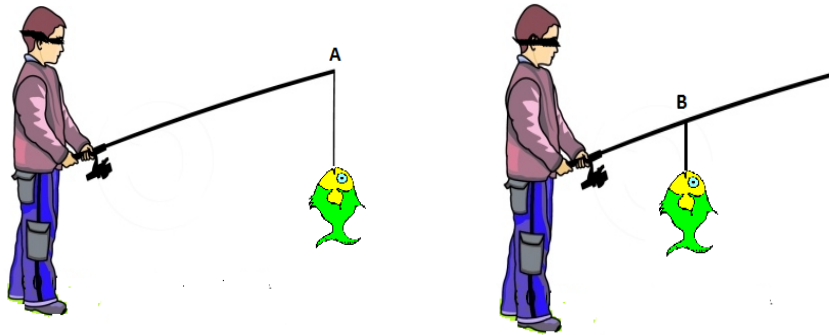
TIEMPO DE DURACIÓN: 10 minutos.

MATERIALES

- Varita de bambú (para construir una caña de pescar)
- Cáncamos
- Peces de plástico de diferentes valores de masa y tamaños.

PROCEDIMIENTO

Un estudiante, a quien llamaremos el pescador, tomará la caña de pescar por uno de sus extremos. Otro estudiante pondrá el pez # 1 en dos posiciones A y B distintas de la caña de pescar. Se pedirá la opinión al pescador acerca de cuán pesados son los peces que acaba de pescar. Los estudiantes tomarán nota de la apreciación del pescador. Así mismo todos los estudiantes observarán la deformación de la caña de pescar y tomarán nota de ello en la tabla. Se realizará además el procedimiento con los peces # 2 y 3.



PEZ	POSICIÓN	APRECIACIÓN DEL PESCADOR	DEFORMACIÓN DE LA CAÑA
#1			
#1			
#2			
#2			
#3			
#3			

RESPONDER

- Según las observaciones y las apreciaciones del pescador ordene de menor a menor los peces según sus pesos.
- ¿En cuál posición de la caña y cuál pez ejerce el mayor Torque sobre la caña de pescar? ¿En cuál posición de la caña y cuál pez ejerce el menor Torque sobre la caña de pescar?
- ¿Cómo se evidencia la acción del Torque que ejerce el pez sobre la caña de pescar?

ACTIVIDAD 2. SINTIENDO LA ACCIÓN DEL TORQUE

TIEMPO DE DURACIÓN: 10 minutos.

Lista de materiales:

- Balancín
- Masas de diferentes valores
- Agarradera de madera con cuerda y gancho

PROCEDIMIENTO

Un estudiante tomará con la agarradera una masa de 1 kg con el propósito de “sentir” su peso. Después de esto la masa se colgará en la posición 1 del balancín y el estudiante tratará de equilibrarlo aplicando una fuerza opuesta en la misma posición.

Luego la masa se desplazará a la posición 2 y el estudiante desde la posición 1 tratará de equilibrar de nuevo el balancín. Finalmente la masa se colgará en la posición 3 que corresponde al extremo del balancín.

El estudiante debe consignar su opinión (**débil, fuerte o muy fuerte**) acerca de la fuerza que aplicó en cada uno de los tres casos para lograr elevar el balancín y llevarlo a la posición de equilibrio.

	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3
APLICACIÓN DE LA FUERZA			

Pregunta:

¿Por qué la fuerza registrada en el dinamómetro cambia a medida que se aleja la masa de 1 kg del punto de giro?

ACTIVIDAD 3. MIDIENDO FUERZAS Y CALCULANDO TORQUES.

TIEMPO DE DURACIÓN: 20 minutos.

- Balancín
- Masas de diferentes valores
- Dinamómetro
- Flexómetro

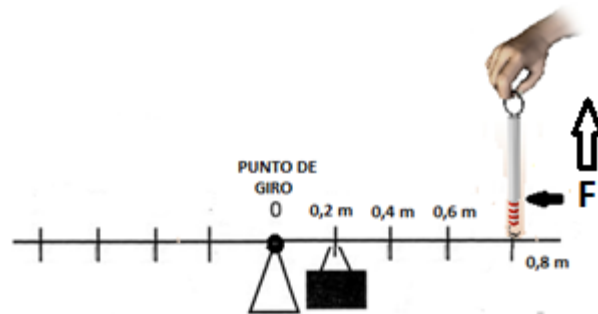
PROCEDIMIENTO

Cada equipo de trabajo medirá con el dinamómetro el peso de una masa de 1 kg.

VALOR DE LA MASA	PESO DE LA MASA (DINAMÓMETRO)
1 kg	



Luego estudiante utilizará un dinamómetro a 0,8 m (80 cm) del punto de giro para equilibrar la barra del balancín a medida que la masa de 1 kg se va colgando a 0,2 m (20 cm), 0,4 m (40 cm), 0,6 m (60 cm) y 0,8 m (80 cm). Para cada una de las posiciones cada equipo calculará el Torque que ejerce la masa mediante la expresión: $\tau = F \cdot d$; se debe calcular también el Torque que ejerce el dinamómetro para equilibrar la barra.



TORQUES PRODUCIDOS POR LA MASA

DISTANCIA	0,2 m	0,4 m	0,6 m	0,8 m
PESO				
TORQUE				

TORQUES PRODUCIDOS POR LA FUERZA MEDIDA EN EL DINAMÓMETRO

DISTANCIA	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m
FUERZA (DINAMÓMETRO)				
TORQUE				

PREGUNTAS:

¿En qué unidades se mide el Torque o momento de fuerza?

Observa y compara los valores de Torque obtenidos en las dos tablas ¿Se encuentra alguna coincidencia en los datos? ¿Puedes explicar esto?

¿Cuál condición se podría establecer para equilibrar la barra del balancín?

¿Qué sucedería con los valores de Torque medidos en el dinamómetro si la barra no estuviera soportada en su centro de masa? ¿Por qué?

D. ANEXO: Módulo 3: Equilibrio Rotacional



INSTITUTO JORGE ROBLEDO



LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES GRADO 7º

MODULO 3. EQUILIBRIO ROTACIONAL

INTEGRANTES:

1.
2.
3.
4.

OBJETIVO GENERAL:

Establecer condiciones para el Equilibrio Rotacional a partir de la definición del Torque.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Predecir el estado de equilibrio de un sistema a partir de sus condiciones iniciales.
- Resolver operaciones algebraicas sencillas para calcular Torques.
- Realizar mediciones para confrontar los resultados con las predicciones teóricas.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

¿Por qué la barra del balancín se encuentra equilibrada cuando no tiene ningún peso colgado?

¿Qué sucede con el centro de masa de la barra del balancín cuando se pone una masa en uno de sus brazos?

¿Cuál es la función del contrapeso en una grúa torre?

¿Puede un niño de poco peso equilibrar a una persona adulta muy pesada en un balancín? ¿Por qué?

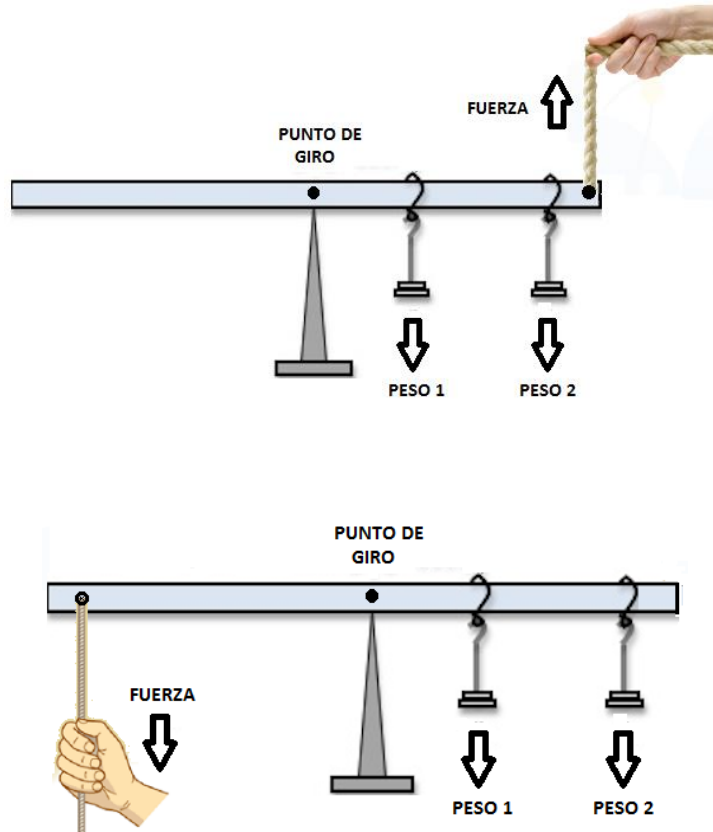
INTRODUCCIÓN

¿QUÉ ES EL EQUILIBRIO?

La estática es la parte de la Física encargada de estudiar el equilibrio de los cuerpos que están bajo la acción de un sistema de fuerzas; su estudio tiene importancia en aspectos tales como la determinación de la estabilidad de una estructura (por ejemplo edificios, puentes, torres, etc.). En la ciencia del equilibrio son esenciales el manejo del sistema de fuerzas y el cálculo del Torque o momento de fuerzas.

La ausencia de cambios en el movimiento es una característica de los cuerpos en equilibrio. Un caso particular de equilibrio lo constituye el reposo, pero el equilibrio no solo se manifiesta únicamente en la ausencia del movimiento. Así, un cuerpo que se mueve a velocidad constante en línea recta o que gira uniformemente alrededor de un punto de giro se encuentra también en equilibrio.

De la misma manera que se puede evitar el desplazamiento de un cuerpo aplicando una fuerza contraria a la que lo hace mover, una rotación puede evitarse aplicando un Torque contrario al que lo hace girar.

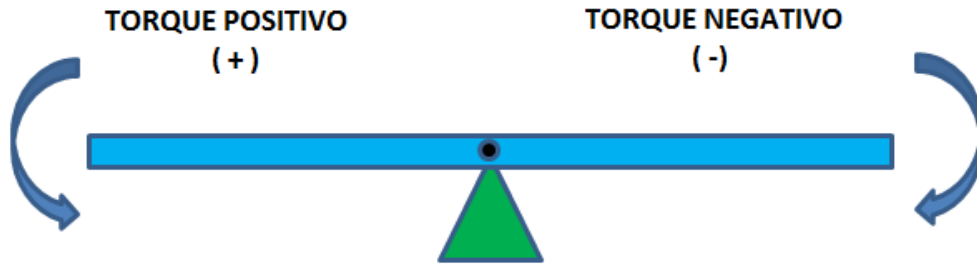


El Equilibrio Rotacional se presenta cuando la sumatoria de los Torques que actúan sobre el sistema es nula, es decir, es igual a cero:

$$\sum \tau = 0$$

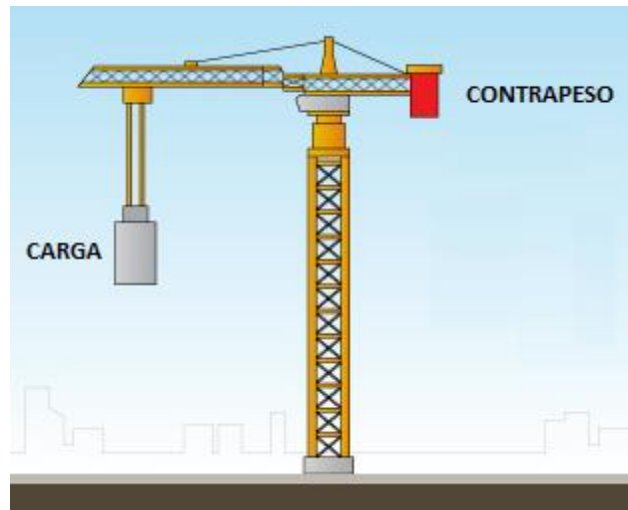
SISTEMA DE SIGNOS PARA EL TORQUE:

Un Torque se considera de signo positivo (+) si el sistema gira o tiende a girar en contra de las manecillas del reloj; y tiene signo negativo (-) cuando gira o tiende a girar en el mismo sentido de las manecillas del reloj.



APLICACIONES DEL EQUILIBRIO ROTACIONAL: LA GRUA TORRE

Las grúas torre son estructuras metálicas desmontables utilizadas para trasladar grandes pesos. Son comunes en industrias, construcciones, puertos y en lugares donde es necesario mover o elevar cargas. Las grúas utilizan contrapesos para equilibrar las cargas; su propósito es lograr estabilidad tratando de compensar o neutralizar la fuerza producida por la carga.



El Torque necesario para equilibrar la carga resulta de multiplicar el peso de la carga por la distancia hasta el punto de giro.

ACTIVIDAD 1. EQUILIBRIO ROTACIONAL EN LA REGLA CEBRA

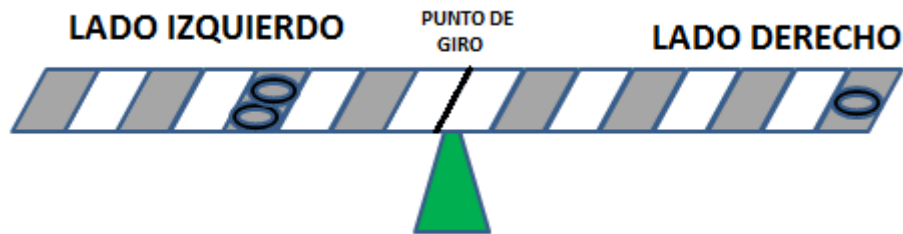
LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS

- Un regla cebra de aluminio
- Arandelas
- Soporte de madera

PROCEDIMIENTO:

Para esta experiencia las arandelas se representarán con la letra **A** y cada una de las divisiones en la regla cebra se representará con la letra **U**. Pon las arandelas en las

posiciones propuestas en la siguiente tabla. Para calcular los valores de la casilla RESULTADO realiza la multiplicación entre la cantidad de arandelas y la posición; luego escribe el resultado con sus respectivas unidades (por ejemplo, el resultado de 2 arandelas en la posición 4 sería: $2A \times 4U = 8AU$). En la columna EQUILIBRIO debes escribir las palabras SI ó NO si se presenta equilibrio en la regla cebra. Llena los cuadros en blanco con las cantidades de arandela o el número de divisiones para lograr la condición de equilibrio.



N _o	LADO IZQUIERDO DEL BALANCÍN			LADO DERECHO DEL BALANCÍN			EQUILIBRIO (SI / NO)
	CANTIDAD DE ARANDELAS	POSICIÓN EN LA REGLA	RESULTADO	CANTIDAD DE ARANDELAS	POSICIÓN EN LA REGLA	RESULTADO	
1	1A	4U		1A	4U		<input type="text"/>
2	1A	8U		2A	4U		<input type="text"/>
3	3A	6U		4A	5U		<input type="text"/>
4	2A	6U		3A	<input type="text"/>		SI
5		4U		2A	8U		SI
6	2A 1A	5U 6U		4A	4U		<input type="text"/>
7	3A <input type="text"/>	4U <input type="text"/>		2A 2A	2U 5U		SI

PREGUNTA:

¿Cuál es la condición para lograr el equilibrio del balancín?

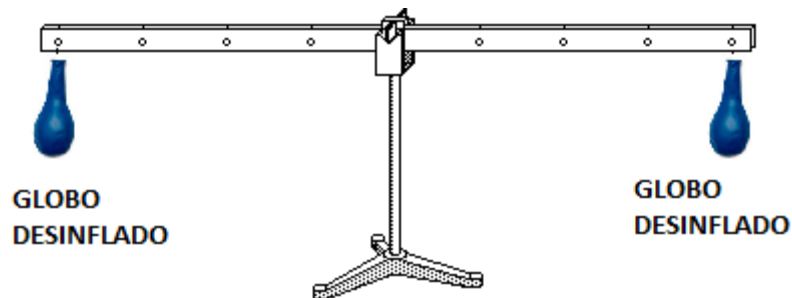
ACTIVIDAD 2. ¿EL AIRE PESA? UNA CUESTIÓN DE DESEQUILIBRIO ROTACIONAL

LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS

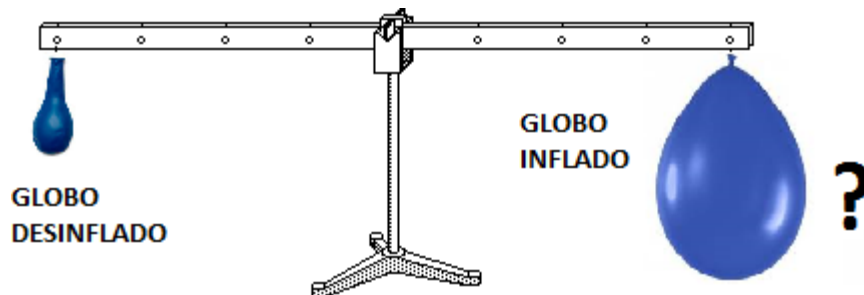
- Balancín
- Dos globos

PROCEDIMIENTO

Los globos desinflados se colgarán en los extremos del balancín uno en el lado derecho y la otra en el lado izquierdo para verificar la condición de Equilibrio Rotacional:



Luego uno de los globos se llenará con aire y se colgará en el mismo lugar donde estaba en el balancín:



PREGUNTAS:

- ¿Qué sucede en el balancín después de llenar de aire uno de los globos? ¿A qué conclusión se puede llegar respecto al aire que está contenido en la bolsa después de observar la experiencia?
- Explique el fenómeno observado tomando como punto de partida los Torques ejercidos en el balancín.

ACTIVIDAD 3. EQUILIBRANDO EL BALANCÍN

LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS

- Balancín
- Masas de 10 g, 20 g y 50 g.

PROCEDIMIENTO:

Calcule los Torques para cada uno casos propuestos en la tabla de datos y trata de establecer la condición o no de equilibrio que se pide en la columna EQUILIBRIO. Para comprobar si los resultados que obtuviste en la tabla concuerdan con la realidad utiliza el balancín y observa lo que sucede.

TABLA DE DATOS

#	LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO			EQUILIBRIO
	FUERZA	DISTANCIA	TORQUE	FUERZA	DISTANCIA	TORQUE	
1	10 gf	10 cm		<input type="text"/>	10 cm		SI
2	20 gf	10 cm		10 gf	<input type="text"/>		SI
3	60 gf	12 cm		30 gf	16 cm		<input type="text"/>
4	20 gf 10 gf	8 cm 12 cm		50 gf <input type="text"/>	4 cm <input type="text"/>		SI
5	50 gf <input type="text"/>	6 cm <input type="text"/>		10 gf 20 gf	10 cm 16 cm		SI
6	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>		50 gf 20 gf	12 cm 20 cm		SI

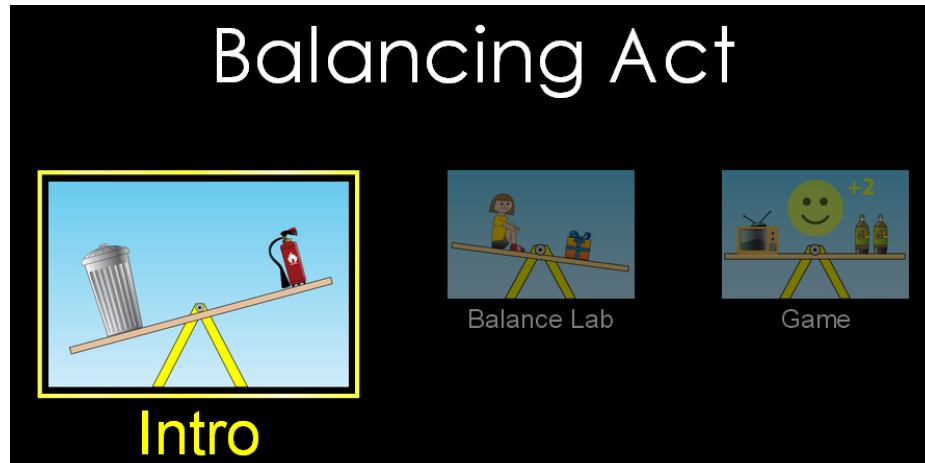
ACTIVIDAD 4.

LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS

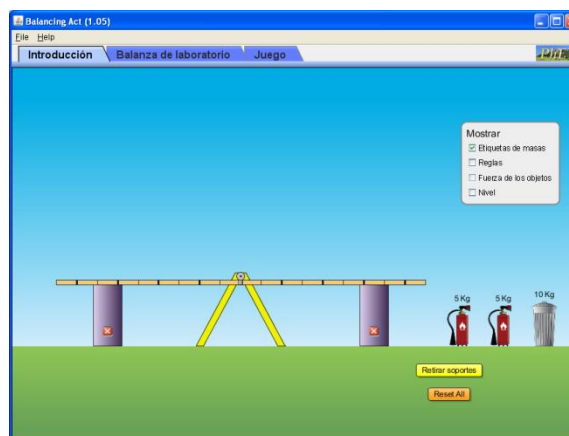
- Computador con conexión a Internet o con el applet Applet Balancing ©

PROCEDIMIENTO:

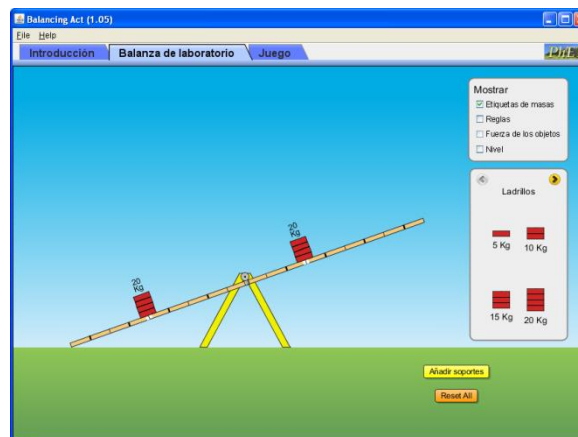
El profesor inicia la actividad explicando el uso del Applet Balancing-Act© y mostrando los tres módulos que contiene: Introducción, balanza de laboratorio y juego. En la explicación se dan instrucciones y algunas pistas claves para resolver los retos a que estarás sometido durante la prueba. Debes utilizar los tres módulos comenzando con la introducción hasta llegar a los juegos con retos de diferente grado de dificultad. Al finalizar obtendrás el puntaje que califica tu desempeño en los juegos.



MÓDULO INTRODUCCIÓN



MÓDULO BALANZA DE LABORATORIO



MÓDULO JUEGO



Applet Balancing Act. (PhET Interactive Simulations. Copyright © 2004-2014 University of Colorado.).

PREGUNTAS

¿Qué sucede con el centro de masa de la barra del balancín cuando se pone una masa en uno de sus brazos?

¿Cuál es la condición para lograr el equilibrio del balancín?

Trata de establecer una ley que explique la condición para equilibrar los Torques en un balancín.

6. Bibliografía

Alcaldía de Medellín. Plan de desarrollo 2012-2015. Medellín: un hogar para la vida.

Arias, Juan (2011) Los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista: estudio de caso en el curso de Física mecánica para ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Ausubel, David R; Novak, J. D. y Hanesian, H. (1978). Educational Psychology: A Cognitive View. 2a. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston. [Reimpreso, New York: Werbel & Peck, 1986. Edición en español: Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1983. 623p.].

Castañeda, Héctor (2012). Diseño de manual experimental de Física, empleando materiales cotidianos Manizales: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Castro, H. (2008). Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de Torque a partir de los manuscritos de Leonardo Da Vinci. Revista virtual Góndola: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. Vol. 3. Nº 1 Julio.

Chernikoff, R. y otros. (2001) Sencillo dispositivo para determinar la posición del centro de masa de un sistema. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 18, n.1: p. 52-55, abr. 2001. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.

Colombia, Constitución Política de Colombia de 1991.

Covaleda, R., Moreira, M., y Caballero, M. (2009). Los conceptos de sistema y equilibrio en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Mecánica y Termodinámica. Posibles invariantes operatorios. Medellín: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 Nº2.

Delgado, Daniel (2010). Análisis de los conceptos básicos de Física para ingreso a nivel superior. México: Instituto Politécnico Nacional.

Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales (2006) Bogotá: Ministerio Colombiano de Educación Nacional.

Estudio del papel de la experimentación y la mediación analógica en un proceso de modelización en la enseñanza de la biología. IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Girona, 9-12 de septiembre de 2013.

Fonseca, M. y Hurtado, A. (2007). Una escoba para barrer algunos preconceptos y presentar el concepto de Torque. *Revista Cubana de Física Vol. 24 No. 1 (2007) p.69-71*

Fundamentación conceptual área de ciencias naturales. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES (2007).

García, M. (2012). Informe trabajo final guías e informes del laboratorio de Física para grado 11º de la básica secundaria. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

García-R., Mayra y Orozco, Leticia (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las Ciencias Naturales y su enseñanza en profesores de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 N°3 (2008)*

Gobernación de Antioquia. (2012). Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 Antioquia La Más Educada

Guía de lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden (2006) Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* 66(1):64-74; Disponible en: <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/> .

Instituto Jorge Robledo (2009). Sistema Institucional de Evaluación Escolar SIEE.

Lindberg, D. (2002). Los inicios de la ciencia occidental. Barcelona: Paidós.

Lorenzo, G. y Rossi, A. (2010) Alumnos y profesores frente a los trabajos prácticos experimentales: en el camino del reencuentro. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Martínez, D. (2013). Propuesta de enseñanza y aprendizaje del concepto “Fuerza” para niños de quinto grado de educación básica primaria. Tesis Maestría de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Martínez, J. (2011). Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto masa en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Raíces del Futuro. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Educación Nacional (1998) Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: MEN.

Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales. Bogotá: MEN.

Ministerio de Educación Nacional (2013). Prosperidad para todos. Evaluación de competencias. Docente de media – Ciencias Naturales y Educación Ambiental (Física).
Ministerio de Educación Nacional.(2009) Decreto 1290 Sobre la evaluación y promoción de los estudiantes de los niveles de educación básica y media.

Mogrovejo, J. (2011). Guía didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Física en el primer año de bachillerato común. Cuenca: Editorial Cuenca.

Moreira, M. A. (2008). Organizadores previos y Aprendizaje Significativo. Advanced organizers and meaningful learning) Instituto de Física de la UFRGS. Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, No. 2, p. 23-30.

Moreira, M. A. (2000) Aprendizaje Significativo: teoría y práctica. Barcelona: Visor Distribuciones S.A.

Moreira, M. A. (2012). Organizadores previos y aprendizaje significativo. Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008 , p. 23-30. Revisado en 2012.

Moreira, M. A. (2006). *A teoria de aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.

Newton, Isaac. (1987) Principios matemáticos de la filosofía natural. Estudio preliminar y traducción de Antonio Escohotado. Madrid: Editorial Tecnos. Madrid.

Novak, J. (2004). Los mapas conceptuales: Teoría, metodología, tecnología, Actas de la Primera Conferencia Internacional sobre Mapas Conceptuales, Editorial Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España.

Pozo, J. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Ed. Morata. Madrid.

Ramírez, R. , Fiallo, J. y Bernaza, G. (2010). La mecánica y su esencialidad en relación con el contenido de aprendizaje de Física I. Scientia et Technica Año XVI, No 44, Abril de 2010. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

Renn, J., Damerow, P., y McLaughlin, P. Aristóteles, Arquímedes y los orígenes de la mecánica: perspectiva desde la epistemología histórica. Berlin: Max Planck Institute for the History of Science. Disponible en: [http://fundacionorotava.org/archivos%20adjuntos/publicaciones/Arquimedes/Renn_AristotelesOrigenesMecanica\(esp\).pdf](http://fundacionorotava.org/archivos%20adjuntos/publicaciones/Arquimedes/Renn_AristotelesOrigenesMecanica(esp).pdf)

Sampieri, R. et al (2006). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Sepúlveda, A. (2012). Los conceptos de la Física. Evolución histórica. 3º ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Tompkins, A. (2007). Brain-Based Learning Theory: An Online Course Design Model. The Faculty of the School of Education Liberty University, Virginia USA

Truesdell, C. (1975). Ensayos de Historia de la Mecánica. Madrid: Editorial Tecnos.

Vacarro, D. (2008). La tensión entre estática y dinámica desde la antigüedad hasta el renacimiento. Scienti e etudia, São Paulo, v. 6, n. 4, p. 509-49,

Wilson, J. et al (2007). Física. México: Pearson-Prentice Hall.